Environment Canada
Conservation and Protection

Environnement Canada
Conservation et Protection

Economic Instruments for Water Management: The Case for Industrial Water Pricing

D.M. Tate, S. Renzetti* and H.A Shaw†

* Department of Economics, Brock University, St. Catharines
† Formerly with Water Planning and Management Branch

Social Science Series No. 26

Ecosystem Sciences and Evaluation Directorate
Economics and Conservation Branch
Ottawa, Canada, 1992

(Disponible en français sur demande)

92-07490/

Printed on paper that contains recovered waste

Published by authority of
the Minister of the Environment

©Minister of Supply and Services Canada 1992
Cat. No. En 36-507/26E
ISBN 0-662-19570-1

Contents

Page

ABSTRACT vi

RÉSUMÉ vi

1. INTRODUCTION 1
   - Purpose of the report 1
   - Background 1

2. METHODOLOGY 2
   - Background 2
   - Previous studies 3
   - An outline of the estimation models 5
     - Industrial water demand functions 5
     - Data sources and analysis methods 6

3. ANALYTICAL RESULTS 7
   - An overview of industrial water demand and its cost 7
   - Industrial water demand functions 7
     - National water intake 7
     - National gross water use 13
     - Adding explanatory variables 15
     - Demand functions at a finer level of detail 17
     - Interprovincial comparisons 17

4. CONCLUSIONS AND POLICY IMPLICATIONS 33
   - Conclusions 33
   - Policy implications 33

REFERENCES 35

Tables

Page

1. Water use in Canadian manufacturing, 1986 8
2. Water use in Canadian manufacturing, 1981 8
3. Water costs by cost component, manufacturing, 1986 9
4. Water costs by cost component, manufacturing, 1981 9
5. Estimated water demand functions, national two-digit SIC industries, 1986 10
6. Estimated water demand functions, national two-digit SIC Industries, 1981 11
7. Estimated gross water demand equations, national two-digit SIC industries, 1986 12
8. Estimated gross water demand equations, national two-digit SIC industries, 1981 13
9. Estimated water demand equations with added explanatory variables, national two-digit SIC industries, 1986 14
10. Estimated water demand equations with added explanatory variables, national two-digit SIC industries, 1981 15
11. Analysis of signs of the independent variables in relation to the anticipated signs 16
12. Estimated water demand functions, national three-digit SIC industries, 1986 18
13. Estimated water demand functions, national three-digit SIC industries, 1981 21
14. Estimated water demand functions, British Columbia two-digit SIC industries, 1986 and 1981 23
15. Estimated water demand functions, Alberta two-digit SIC industries, 1986 and 1981 23
16. Estimated water demand functions, Saskatchewan two-digit SIC industries, 1986 and 1981 25
17. Estimated water demand functions, Manitoba two-digit SIC industries, 1986 and 1981 25
18. Estimated water demand functions, Ontario two-digit SIC industries, 1986 and 1981 26
19. Estimated water demand functions, Quebec two-digit SIC industries, 1986 and 1981 28
20. Estimated water demand functions, New Brunswick two-digit SIC industries, 1986 and 1981 29
21. Estimated water demand functions, Nova Scotia two-digit SIC industries, 1986 and 1981 30

Tables (continued)

Page

22. Estimated water demand functions, Prince Edward Island two-digit SIC industries, 1981 31
23. Estimated water demand functions, Newfoundland two-digit SIC industries, 1986 and 1981 31
24. Comparison of price and output elasticities among the provinces, two-digit SIC industries, 1986 and 1981 32

Abstract

An econometric analysis is undertaken in order to assess the efficacy of one policy instrument (the price of water) in controlling the quantity of water used by manufacturing firms in Canada. Industrial demands for water are estimated using data from two cross-sectional surveys on manufacturing water use and expenditures conducted by Environment Canada in 1981 and 1986. Single-equation demand functions are estimated in double-log form. The price of water is found to be an important factor in determining the quantity of water used by firms for most industries. Estimated price elasticities for intake water range from -0.500 to -1.202.

Résumé

On entreprend une analyse économétrique servant à évaluer l'efficacité d'un instrument de politique (la tarification de l'eau) pour influer sur la quantité d'eau consommée par les industries au Canada. Les consommations d'eau des industries sont estimées à partir de données provenant de deux enquêtes transversales menées par Environnement Canada en 1981 et 1986 et portant sur la consommation d'eau des industries et sur les dépenses qui en découlent. Les fonctions de demande à équation unique sont estimées sous forme bilogarithmique. On a constaté que la tarification de l'eau constitue un facteur important pour déterminer la quantité d'eau consommée par la plupart des industries. L'élasticité de la tarification estimée pour l'eau consommée varie entre -0,500 et -1,202.

CHAPTER 1

Introduction

The 1990s in the Canadian environmental field are likely to be marked by a search for new means of approaching problems, not necessarily to discard traditional approaches, but to augment them with fresh insights. In the water resource field, one such insight, although not particularly "new," involves the role of economic factors, especially price, in influencing the level of resource use. Although the case in favour of pricing was promoted actively by the Inquiry on Federal Water Policy, and later found some prominence in the Water Policy itself, there is still a great deal of work required to entrench pricing as an integral part of water management. This work includes research.

PURPOSE OF THE REPORT

This paper outlines the results of a study of the relationship between industrial water use and its price. The regular five-yearly surveys of industrial water use by the Inland Waters Directorate have, as one aim, the collection of information on the cost of water to industrial plants. The need to examine the relationship between this cost and the level of water demanded underlies this aim.

Economic data on water costs were collected for both 1981 and 1986. A report analyzing the 1981 data was prepared by Renzetti (1987) under contract with the Inland Waters Directorate, Environment Canada, but the report has not been released. With the completion of the 1986 data compilation, and the need for this type of information, it seemed appropriate to repeat Renzetti's 1981 work using 1986 data and to publish the two sets of results together. It is important to note that the two surveys have been treated separately. Subsequent research will examine an integrated, or time series, analysis of the data.

BACKGROUND

In addition to being an interesting research problem in its own right, this project has implications for several current water management issues. Industry uses enormous quantities of water, both as a basic productive input and for the deposition of waste. One implication of the current management emphasis on sustainable development is the need to conserve water supplies in some areas and to reduce waste loadings in others. Despite the current management focus on regulation, both conservation and waste reduction will almost certainly fail without the incorporation of economic incentives for improved water use. One of the first steps in using economic actions to govern water use is to obtain a firm understanding of the relationships between use and price, or, in economic terms, the water demand function. An estimated demand function will indicate the degree to which a firm or industry will respond to water price changes (e.g., by increasing recirculation), and it will provide estimates of the value that firms assign to water use.

Closely related are the implications of the economics of water use for publicly funded infrastructure. A wide array of possibilities exist for reducing demands on infrastructure through industrial water pricing, again implying the need for reliable data on water demand functions. Technological change is unlikely without the presence of effective economic incentives.

Finally, as public funds experience ever increasing (and competing) demands, means are required to ensure reasonably efficient expenditures. This also suggests a role for water pricing, for, as this report shows, there is a relationship between price and the level of industrial water demand, implying the management option of using price to influence the level of that demand.

CHAPTER 2

Methodology

BACKGROUND

At the outset, we should note that the industrial water use data base, upon which this study is based, is quite comprehensive in its coverage of water quantity and economic factors for large Canadian industrial plants. For the years 1981 and 1986, some 10 000 individual plant water use records exist (Tate and Scharf 1985, 1991). Adding in the previous surveys for 1972 and 1976, which collected no data on water costs, the total number of records ranges between 18 000 and 20 000. Thus, as a data source, the industrial water use survey is very rich, and this study only skims its surface.

The research methodology used views water as an input to industrial productivity. This approach follows a well-established economic tradition of viewing productivity as a function of land, labour, and capital. The "land" portion of this general statement has been interpreted broadly as the input to production of all natural resources. The concept of natural resource depletion may also be covered under the "capital" portion of the statement. The individual firm is assumed to seek to minimize its production costs in the process of producing its planned level of output. In addition to the planned output level, the most important factors influencing the desired level of a given resource are the price of the resource itself, the price of all other inputs, the structure of the firm's productive technology, and the relevant set of government regulations.

Although there has been a wealth of studies on the nature of input demands, only recently have economists begun to examine water demands, and relatively few studies exist in this area. For the most part, water demand forecasts and modelling still rely on the concept that water is a requirement of production that must be met and that can be modelled effectively using fixed coefficients per unit of product. The assumption of a fixed relationship between water use and output (or some other productivity measure), and the lack of attention paid to water price constitute two major flaws in this "coefficients approach" (Whittington 1978; Tate 1984). This approach stands in marked contrast to the one advocated here, namely that water is a demand that can be governed in large part through resource effective pricing arrangements (Boland et al. 1984; Whittington 1978; Kindler and Russell 1984). An important advantage of the methodology used in this paper is that the hypothesis of the irrelevance of price to water use decisions can be tested through direct appeal to market data.

The reasons for this reluctance to look at economic variables like price in the water use context seem clear enough. The perception of water abundance pervades Canadian attitudes to water, although this may be changing slowly with recent environmental awareness. This perception has given rise to traditional engineering approaches, which focus on managing supplies to meet perceived requirements. Both of these factors have led to cheap-water policies, which in some cases, as in the municipal sector (Tate 1989), have often threatened the process of infrastructure renewal. They have also retarded research and data collection on water usage and pricing. More fundamentally, the difficulties involved in questions of water resource ownership have meant that the suppliers (in Canada the provinces) are not interested primarily in pricing isses, and the demanders (e.g., industries) have overused a low-priced resource (Pearse 1988; Pearse and Tate 1991).

As a result of these perceptions and difficulties, most economists, not to mention others,

have been skeptical about modelling water demands using econometric approaches. In a report for Resources for the Future, Gibbons (1986, p. 49) stated:

> ... theoretically, the demand and value of water in industrial use could be derived from statistical production functions, but as a practical matter this appears to be a vain hope.

On the other hand, however, a small number of studies have used precisely this production function approach over the past 25 years. The first such studies came in the municipal area (e.g., Howe and Linaweaver 1967; Lee 1969; Grima 1972). For industry, early econometric approaches were developed by Rees (1969) and de Rooy (1970). All of these studies viewed water use in the context of economic decision-making by the firm. They all addressed the empirical question of whether water use is price sensitive. And they all rejected the null hypothesis of no relationship between water use and price. In a public policy context, research results such as these, built up over a long time, contributed to the recognition, at least at the conceptual level, that water pricing would form an important part of future water management (Environment Canada 1987).

PREVIOUS STUDIES

An initial issue that should be addressed briefly relates to the price of water for industrial use. The plants dealt with in this paper are largely self-supplied ones, which do not face water prices determined by the interaction of supply and demand. Thus, a price variable must normally be estimated using data on the cost of the various functions of providing water service. These costs include provincial license fees (if any) water pumping, pre-treatment, recirculation, and waste treatment. These costs are totalled and averaged over total intake to give the most commonly used "proxy" for water price. The justification for this procedure is that average cost is the price generated by internal supply and demand conditions within the plant. De Rooy (1970, p. 51), for example, defended the procedure as follows:

> ... since the product is "internally consumed" there is no need to be concerned with market demand in the usual sense. Demand and supply within the firm will always be identical.

The problems implied by this procedure are outlined below.

Rees (1969) surveyed water use in 230 English manufacturing plants in one of the earlier econometric studies of water demand. This study used a relatively simple regression approach to examine the strength of the price/water use relationship in these plants. For the entire sample, she found that price was statistically significant in explaining the variance in water use, but was often insigificant for individual industries. Also, water was found not to be a critical factor in the location decisions of most firms, the exceptions being the industries using large amounts of water.

De Rooy's (1970) study was among the first North American efforts to examine industrial water demand functions. Using a sample of 30 New Jersey chemical plants, de Rooy calculated single-equation water demand functions separately for water used in cooling, processing and steam production. Water use formed the dependent variable for each equation, with plant output, water price (proxied by the average price of water), and a dummy measure of plant age constituted the independent variables. Estimated price elasticities[1] ranged between -0.354 for processing water and -0.894 for cooling. The use of average water cost as a proxy for price (which is normally not measurable for self-supplied industries) introduced a potential source of bias since quantity demanded thereby appears on both sides of the regression equation. Some of the subsequent studies in the field have attempted to deal with this simultaneity problem.

Grebenstein and Field (1979) used the translog form (see Berndt and Wood 1975) of a cost function for the U.S. manufacturing industry to

[1] Price elasticity refers to the relationship between changes in water demand resulting from changes in its price. Formally, price elasticity equals the percentage change in quantity demanded divided by the percentage change in price. In most cases, price elasticity is negative, denoting the inverse reaction of quantity demanded to changes in price.

analyze the water demand relationship. Productive inputs included capital, labour, energy, materials, and water. The cross-sectional data set consisted of 50 state-level observations on input prices, with the intake price of water being proxied by its average cost. The study used two different series of data for water price, and, depending upon the set used, estimated that intake water made up 1.2% or 1.9% of manufacturing cost. The price elasticity of demand was -0.326 or -0.80, again depending upon the data set used. Interestingly, the study found that water and labour were substitutes for each other in the production process, while water and capital were complements. The latter finding was explained by the fact that water and capital form "bundles" of inputs in many industrial processes. Within each bundle, water and capital are substitutes, but if the price of another input changes, both capital and water move in the same direction to a new equilibrium level, hence the finding of complementarity.

Babin, Willis, and Allen (1982) used a similar methodology, with a more disaggregated data set to calculate translog cost functions at the two-digit SIC (standard industrial classification) level for U.S. manufacturing. This study used state-level observations on input prices for 1973 (again using average water cost as a proxy for price). The water cost share ranged from 0.21% (fabricated metals) to 7.9% (chemicals), and the price elasticities from 0 (food, machinery, electrical products) to -0.66 (paper and allied products). The same water/capital complementarity as observed by Grebenstein and Field (1979) materialized for paper and allied products, fabricated metal products, and minerals, and for a pooled regression of all manufacturing. The study found water/capital substitutability for food and electrical products sectors.

Renzetti (1986) analyzed 372 plant-level observations of water use and water-related expenditures in British Columbia manufacturing firms. The data were part of the 1981 data set analyzed in this paper. The study estimated intake water demand equations both as single equations and as part of a system (one equation each for water intake, water treatment prior to use, water recirculation, and water treatment prior to discharge). The problem introduced by using average cost as a proxy for price (outlined earlier) was addressed by using an instrumental variable, following a procedure outlined by Jones and Morris (1984). The instrumental variable was constructed on the basis of the water rate structures facing the firms. The study found that the level of industrial intake was inversely related to intake water price and the costs of water recirculation, and directly related to the firms' output level.

A study by Ziegler and Bell (1984) examined the use of both average and marginal cost as proxies for water price. They stated (p.4):

> While the use of average cost has resulted in demand functions with good statistical fits, the possibility exists that the substitution of other, more theoretically appropriate measures of price could improve significantly the estimates on both a conceptual and theoretical basis.... The economic theory of the firm suggests that firms will use inputs based on considerations of marginal contributions to revenue relative to marginal contributions to cost.... Self supplied firms do not purchase water in a competitive market, and if they in fact use water on the basis of marginal considerations, the possibility exists that the substitution of a marginal cost variable for average cost can result in better water demand estimates.

Ziegler and Bell used data on 23 large water users in Arkansas to compare the relative efficiencies of using average or marginal costs. Marginal costs were estimated by regressing total intake costs against the square of intake quantity and then taking the first derivative of the resulting function. Then both average cost and marginal cost data sets were used in a regression analysis to explain the level of water demand. Ziegler and Bell concluded that industrial demands are price sensitive and the average cost acts as a better estimator of the true but unknown price of water.

Renzetti (1987) used the approach of Ziegler and Bell (1984) in an attempt to estimate proxies for average and marginal costs of industrial water use. The purpose of doing so was to overcome the simultaneity bias inherent in using a firm's average water cost as a proxy for water price. The method regresses total water intake against total water cost and the square of total water cost. The exact functional form of the

equation is set out in Data Sources and Analysis Methods, below. Renzetti found that the resulting regression equations were generally poor with respect to statistical significance, with the conclusion, stated in Renzetti (1987), that the Ziegler-Bell method was no better than the simpler average cost method in minimizing simultaneity bias. Thus, the method was used (Renzetti 1987) "to gain some understanding into the relationship between water use and expenditures." This rationale underlies the latter part of the current paper. Subsequent work by Renzetti (1988) uses more aggregate data and a two-stage least squares estimation technique. The latter involves the use of an instrumental variable to proxy the price of water and to eliminate the simultaneity bias associated with demand estimates where price is a function of quantity. The instrument is constructed from the (nonlinear) industrial water price schedules constructed by municipal water utilities.

In summary, common features of the studies outlined in this section include an attempt to incorporate water into an economic framework of decision-making by the firm; the empirical question of the sensitivity of industrial water use to price changes; and rejection of the hypothesis that industrial water demands are insensitive to the price of water. The limitations that these studies share include the imprecise definition of the price variable, the lack of observations on input prices other than water, and the failure to derive the form of the estimated demand equation explicitly from a model of optimizing firm behaviour (cf. Renzetti 1988 on this last point).

AN OUTLINE OF THE ESTIMATION MODELS

The current study estimates water demand and water cost functions for major industrial sectors in Canada, both nationally and provincially. It includes Renzetti's (1987) work using 1981 data, as well as an update of his (unpublished) results, using 1986 data.

The study, which uses linear regression methods, assumes that firms are cost minimizers, and choose their combinations of inputs to meet this objective. Accordingly, a firm's demand for a given input (e.g., water) depends upon the input price of that variable, the input prices of other variables, and its level of output. The principal data source for the study was the 1981 and 1986 Environment Canada surveys of industrial water use. These surveys did not include the price of productive inputs other than water, with the result that the analysis here excludes consideration of the prices of these other inputs. Therefore, this study assumes that water use is strongly separable[2] from other productive inputs, and that one can estimate water demand functions independently of the demands for other inputs.

Industrial Water Demand Functions

Two basic demand models were calculated using different subsets of the 1981 and 1986 data bases. The first type regressed the quantity of water intake against the price (i.e., average cost) of intake and a measure of plant output. In mathematical terms, equation (1) represents this simple demand function model. This model was calculated for (a) each two-digit SIC group nationally, (b) each three-digit SIC group nationally, and (c) each two-digit SIC group provincially.

$$\ln(Q_{in}) = a_0 + a_1\ln(P_{in}) + a_2\ln(X) + e \qquad (1)$$

where $\ln$ = the use of natural logarithms

P_{in} = average cost of water intake

Q_{in} = quantity of plant water intake

X = a measure of plant output:
for 1981, total employee-hours worked
for 1986, total value of shipments

$a_{0,1}$ = coefficients of the regression equation

e = an error term

A minor variation on equation (1) regressed the quantity of gross water use (i.e. the sum of

[2] The idea of separability relates to the structure of the firm's technology and the way in which the use of one input is dependent on the levels of other inputs. If this assumption of separability is inaccurate, then the estimated function's coefficients may be biased due to the omission of relevant explanatory variables (e.g., the price of capital).

intake and recirculation) against the total average cost of water to the firm (i.e., the sum of the total costs of intake, treatment prior to use, recirculation, and discharge divided by gross water use) and a measure of output, as follows:

$$\ln(Q_{gross}) = a_3 + a_4\ln(P_{tot}) + \ln(X) + e \qquad (2)$$

where P_{tot} = total average cost of water to the firm

Q_{gross} = quantity of plant water gross use

$a_{3,4}$ = coefficients of the regression equation

e = an error term

Equation (2) was calculated at the two-digit SIC level nationally.

The second demand model regressed intake against the implied price of four water related components, again measured by average cost. This model (represented by equation (3)) was calibrated for the national two-digit SIC groups.

$$\ln(Q_{in}) = a_5 + a_6\ln(P_{in}) + a_7\ln(P_{trt}) + a_8\ln(P_{rcr}) + a_9\ln(P_{dis}) + a_{10}\ln(X) + e \qquad (3)$$

where P_{trt} = average O&M cost of water treatment prior to use

P_{rcr} = average O&M cost of recirculation

P_{dis} = average O&M cost of waste water treatment

$a_{5..10}$ = coefficients of the regression equation

e = an error term

All of the demand functions were estimated in double log form, the form most commonly used in these types of study. In 1981, the plant output measure consisted of employee-hours worked, while in 1986, due to improvements in data collection, it was value of shipments. The use of average cost as a proxy for price may introduce some simultaneity bias, because a measure of water quantity (the dependent variable) is used implicitly to calculate the price proxies. While this problem is recognized, available resources were insufficient to address it during this project. This remains a question for further research. Concerned readers are referred to Renzetti (1986, 1988), where the simultaneity bias problem was addressed using an instrumental variable estimation procedure.

Data Sources and Analysis Methods

In both 1981 and 1986, the primary source of data was the Inland Waters Directorate (IWD) survey of industrial water use (Tate and Scharf 1985, 1991). As noted earlier, the number of plants in each survey totalled about 5 000. The survey focused on obtaining data on the plants' water use, water-related costs, labour employment, and the nature of products. In 1981, the expenditure data were augmented using IWD files on municipal water rates, thereby augmenting the number of plants in the analysis by some 15%. The 1986 data set included only those firms with complete data; no attempt was made to augment it using outside sources. Analysis proceeded on the basis of two- and three-digit SIC groups; these groups are implicit in the tables of Chapter 3. In a few cases, Renzetti (1988) formed industrial composites to obtain sufficient measurements to calculate his regression equations. This procedure was used most frequently in the provincial analyses. It was not used in 1986.

The econometrics computer program SHAZAM (White 1978) was used to estimate the linear regression analyses of the paper. All of the demand equations were estimated using ordinary least squares (OLS) with a correction for the presence of heteroskedastic errors. The non-normal errors arise from the differences in the scale of the industrial operations in the data set. The plants selected for inclusion in the water demand functions were those that contained non-zero values for the water cost components, because of the logarithmic transformations used in the analysis. This restriction was not applied to the water cost functions that used untransformed data, as explained in the previous section. However, a zero cost associated with a non-zero water use in any category was considered unrealistic and was treated as a missing value in that category.

CHAPTER 3

Analytical Results

AN OVERVIEW OF INDUSTRIAL WATER DEMAND AND ITS COST

To provide a contextual framework for the presentation of industrial water demand, Tables 1 and 2 summarize the results for manufacturing from the 1986 and 1981 industrial water use surveys. (The figures in Tables 1-4 were derived from the complete survey tables: as they were rounded, they may appear not to total correctly.) In 1986, manufacturing plants withdrew a total of 7 984 million cubic metres from ambient water bodies (Table 1), and had a gross water use totalling 15 796 million cubic metres. Accordingly, water recirculated within the surveyed plants totalled 7 813 million cubic metres. In other words, recirculation effectively doubled industrial water supplies. Water consumption totalled 405 million cubic metres, or approximately 5.1% of total withdrawal, whereas about 7 579 million cubic metres was discharged back to the ambient water bodies. The consumptive use rate[3] of 5.1% is unchanged from 5.0% in 1981.

The 1986 survey results present an interesting contrast to 1981 in that both the total gross water use and water intake fell, by 24% and 20% respectively. It is tempting to suggest that water reuse efficiency increased during the period. However, the use rate[4], which is the conventional indicator of water reuse, actually fell by 12%. Nor does the answer lie in changes in the activity level by the manufacturing sector, since employment in the surveyed plants increased by 4%, from 795 000 to 830 000 (although most of this growth was in the service sector, traditionally one that uses little water). The explanation may lie in a rise of real water prices to industry, as indicated in a limited way in the following paragraph, although this rise is thought to be insufficient to explain this decline in intake. Thus, the fall in water use remains unexplained at this time, except to note that the water use efficiency per unit of product has apparently increased.

Reported manufacturing industry expenditures on water and on capital systems related to water use in 1986 totalled $481 million (Table 3). This represented an increase in nominal terms of 37% from the 1981 total of $351 million (Table 4). In real terms expenditures rose by approximately 12% over the period. In both years, water acquisition constituted the largest water-related cost. This cost consisted of payments to public utilities, in-house operating and maintenance expenses, and, in 1986 only, the payment of provincial licensing fees of $410 million. Waste treatment expenses made up a significant cost component in both years as well. Much of the growth in water cost over the five-year period arose in the primary metals industry, which moved from fourth to first position. The explanation for this shift is not addressed here.

INDUSTRIAL WATER DEMAND FUNCTIONS

National Water Intake

The analysis began with estimations made at the highest level of aggregation, the national two-digit SIC level, using only the price of intake water (P_{in}) and plant output measures (Q) as independent variables. The intake water demand functions were estimated using ordinary least squares in double log form, with the natural log

[3] The consumptive use rate is an index of water consumption by a plant or industry. The calculation is

$$\frac{(intake - discharge) \times 100\%}{intake}$$

[4] i.e., gross water use divided by water intake times 100%.

Table 1

Water Use in Canadian Manufacturing, 1986 (millions of cubic metres)

Industry group	Total intake	Recirculation	Gross use*	Consumption†	Total discharge
Foods	564	148	712	24	540
Beverages	63	107	169	12	51
Rubber products	23	67	90	2	21
Plastic products	30	66	96	3	27
Primary textiles	95	30	125	2	93
Textile products	13	12	25	2	11
Wood products	56	8	64	2	54
Paper and allied products	3 029	2 979	6 008	200	2 829
Primary metals	1 718	1 350	3 068	43	1 675
Fabricated metal products	25	114	139	1	24
Transportation equipment	117	237	354	4	114
Nonmetallic mineral products	90	70	160	18	72
Refined petroleum and coal products	487	1 068	1 555	33	454
Chemicals and chemical products	1 674	1 558	3 232	59	1 615
Total	7 984	7 813	15 796	405	7 579

Source: Tate and Scharf (1991).
*Gross use = total intake + recirculation.
†Consumption = total intake - total discharge.

Table 2

Water Use in Canadian Manufacturing, 1981 (millions of cubic metres)

Industry group	Total intake	Recirculation*	Gross use	Consumption†	Total discharge
Food and beverage	430	117	547	31	399
Rubber and plastics	54	744	798	7	47
Textiles	124	50	174	6	118
Wood products	73	57	130	4	69
Paper and allied	2 899	4 612	7 511	159	2 740
Primary metals	2 719	1 692	4 411	38	2 681
Metal fabricating	30	130	160	1	29
Transportation equipment	109	73	182	3	106
Nonmetallic mineral products	83	530	613	15	68
Petroleum and coal products	563	1 457	2 020	34	529
Chemicals and chemical products	2 853	1 284	4 137	197	2 656
Total	9 936	10 747	20 683	494	9 442

Source: Tate and Scharf (1985).
*Recirculation = gross use – total intake.
†Consumption = total intake – total discharge.

Table 3

Water Costs by Cost Component, Manufacturing, 1986 (thousands of dollars)

Industry group	Water acquisition	Intake treatment	Recirculation	Discharge treatment	Total
Food	30 308	4 375	4 811	6 516	46 010
Beverage	9 836	2 449	759	504	13 548
Rubber	1 819	766	759	504	3 455
Plastics	2 516	515	1 162	261	4 454
Primary textiles	3 007	1 355	441	777	5 580
Textile products	2 113	350	226	77	2 766
Wood products	2 603	309	265	81	3 258
Paper and allied products	22 700	20 338	8 400	38 058	89 406
Primary metals	100 757	9 857	26 960	33 746	171 320
Fabricated metal products	3 949	583	625	3 125	8 282
Transportation equipment	13 908	2 650	2 503	12 106	31 167
Nonmetallic mineral products	5 761	825	1 685	490	8 761
Refined petroleum and coal products	6 347	6 157	3 685	8 744	24 933
Chemicals and chemical products	22 899	18 429	14 892	12 067	68 287
Total	228 424	68 958	67 160	116 673	481 215

Table 4

Water Costs by Cost Component, Manufacturing, 1981 (thousands of dollars)

Industry group	Water acquisition	Intake treatment	Recirculation	Discharge treatment	Total
Food and beverage	26 978	6 046	3 461	6 480	42 965
Rubber and plastics	3 691	1 058	1 990	649	7 388
Textiles	3 764	1 628	386	635	6 413
Wood products	1 846	446	376	379	3 047
Paper and allied products	14 554	35 209	7 326	52 519	109 608
Primary metals	16 181	9 168	3 950	11 680	40 979
Metal fabricating	2 882	331	854	1 933	6 000
Transportation equipment	8 061	1 226	1 491	7 330	18 018
Nonmetallic mineral products	4 840	877	1 543	447	7 707
Petroleum and coal products	4 873	6 123	5 606	11 598	28 200
Chemical and chemical products	21 237	24 044	19 438	15 850	80 569
Total	108 908	86 156	46 422	108 498	350 984

Source: Tate and Scharf (1985).

Table 5

Estimated Water Demand Functions, National Two-Digit SIC Industries, 1986

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Food (10)	1.701 (1.750)	-0.562 (-8.965)	0.527 (8.970)	0.426	95.8	255
Beverage (11)	-4.499 (-3.281)	-0.570 (-3.868)	0.925 (10.974)	0.756	80.0	51
Rubber products (15)	-4.070 (-1.430)	-0.557 (-2.747)	0.896 (5.186)	0.639	20.4	22
Plastic products (16)	4.588 (2.139)	-0.600 (-4.047)	0.316 (2.393)	0.205	10.8	76
Primary textiles (18)	-6.453 (-2.458)	-0.697 (-4.326)	1.024 (6.249)	0.756	48.9	31
Textile products (19)	-3.186 (-0.676)	-0.683 (-1.482)	0.837 (3.095)	0.372	5.5	15
Wood products (25)	-2.609 (-0.883)	-0.912 (-8.987)	0.700 (3.938)	0.688	56.1	50
Paper and allied (27)	-8.723 (-4.317)	-0.702 (-9.389)	1.166 (9.504)	0.846	256.9	93
Primary metals (29)	-6.557 (-4.090)	-0.769 (-6.475)	1.026 (10.486)	0.760	132.4	83
Metal fabricating (30)	0.929 (0.625)	-0.795 (-5.118)	0.536 (5.886)	0.372	31.2	102
Transportation equipment (32)	-0.352 (-0.249)	-0.704 (-5.130)	0.621 (7.414)	0.542	56.1	93
Nonmetallic mineral products (35)	-7.440 (-5.634)	-0.690 (-11.596)	1.060 (12.751)	0.797	211.0	107
Refined petroleum and coal (36)	-10.513 (-1.466)	-1.202 (-4.234)	1.134 (3.044)	0.762	18.6	11
Chemicals and chemical products (37)	-1.484 (-1.074)	-0.877 (-12.015)	0.703 (8.253)	0.648	143.4	155

Note: All equations exceed the 1% level of statistical significance.

of the quantity of intake water as the dependent variable. In the tables presented here, the figures in parentheses are t-ratio values; beside each equation coefficient appear the F and adjusted R^2 ratios, and the degrees of freedom (D.F.) for the t ratio.

The results of this first analysis (Tables 5 and 6) are quite satisfactory, as shown by the signs of the equation coefficients, and the t and F ratios. All of the F values, for both years, show significance above the 1% levels, as do the t ratios on the price and the output coefficients. The

Table 6

Estimated Water Demand Functions, National Two-Digit SIC Industries, 1981
(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Food and beverage (10)	4.463 (13.21)	-0.579 (-15.93)	0.468 (16.91)	0.463	308.2	711
Rubber and plastics (16)	6.979 (8.799)	-0.359 (-6.131)	0.214 (3.494)	0.215	27.6	193
Textile products (18)	5.648 (5.501)	-0.508 (-5.783)	0.383 (5.044)	0.407	34.3	95
Wood products (25)	-2.806 (-1.310)	-0.378 (-3.327)	0.951 (5.678)	0.517	24.5	42
Paper and allied (27)	-9.266 (-7.187)	-0.229 (-6.536)	1.551 (16.25)	0.793	270.3	139
Primary metals (29)	-4.224 (-3.962)	-0.270 (-4.797)	1.174 (13.29)	0.775	182.2	103
Metal fabricating (30)	3.429 (3.428)	-0.292 (-4.097)	0.535 (6.599)	0.313	35.0	147
Transportation equipment (32)	4.638 (6.961)	-0.460 (-4.682)	0.419 (8.145)	0.440	64.0	158
Nonmetallic mineral products (35)	2.432 (5.193)	-0.564 (-9.141)	0.597 (15.15)	0.660	201.5	205
Refined petroleum and coal (36)	-3.841 (-2.71)	-0.179 (-2.271)	1.262 (9.627)	0.752	57.1	35
Chemicals and chemical products (37)	0.173 (0.233)	-0.148 (-10.68)	0.840 (13.78)	0.617	234.0	287

Note: All equations exceed the 1% level of statistical significance.

adjusted R^2 ratios show that this simple form of water demand function explains up to 85% of the total variance in industrial water intake. (The R^2 values reported in all tables are adjusted R^2s.[5]) From 1981 to 1986, the number of groups included in the analysis rose from 11 to 14, as the food and beverage, the rubber and plastics, and the textile industries were split in a revised classification system. This classification change, combined with a revised measurement of the output variable, improved the R^2 measure slightly for most industries and by over 10% in six of the groups. To improve the R^2 measures further, other sources of variation (e.g., plant age, technology levels, production process/product mixes) would have to be included.

As predicted, the signs for the price variable are uniformly negative, showing an inverse relationship between price and quantity of intake. The positive signs on the output coefficients

[5] The apparent high levels of significance may be due to the definition of price used in this paper. Defining price as average expenditures implies that the quantity of water will enter the regression on both sides of the equation, leading to the possibility of artificially high F and R^2 values.

Table 7

Estimated Gross Water Demand Equations, National Two-Digit SIC Industries, 1986

(estimated equation: $\ln(Q_{gross}) = a_3 + a_4\ln(P_{tot}) + a_5\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_{tot})$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Food (10)	1.296 (1.271)	-0.877 (-11.750)	0.546 (8.852)	0.504	130.7	255
Beverage (11)	-3.514 (-2.329)	-0.891 (-7.833)	0.866 (9.307)	0.801	103.7	51
Rubber products (15)	-4.528 (-1.594)	-0.845 (-4.188)	0.924 (5.149)	0.781	40.2	22
Plastic products (16)	3.615 (1.628)	-0.805 (-7.028)	0.393 (2.845)	0.445	31.5	76
Primary textiles (18)	-8.39 (-3.028)	-0.899 (-4.581)	1.144 (6.551)	0.789	59.0	31
Textile products (19)	-1.963 (-0.471)	-1.13 (-4.738)	0.761 (3.171)	0.617	13.1	15
Wood products (25)	-2.589 (-0.744)	-0.898 (-7.548)	0.724 (3.444)	0.628	43.2	50
Paper and allied products (27)	-9.536 (-5.174)	-0.981 (-11.728)	1.225 (11.011)	0.871	314.7	93
Primary metals (29)	-7.725 (-4.838)	-0.776 (-6.813)	1.129 (11.642)	0.775	143.7	83
Fabricated metal products (30)	0.539 (0.315)	-0.493 (-3.229)	0.601 (5.746)	0.288	21.6	102
Transportation equipment (32)	-2.639 (-1.555)	-0.824 (-6.764)	0.774 (7.848)	0.575	63.8	93
Nonmetallic mineral products (35)	-9.302 (-6.395)	-0.781 (-11.413)	1.186 (12.963)	0.798	211.9	107
Refined petroleum and coal (36)	-6.25 (-1.174)	-1.162 (-7.635)	0.986 (3.543)	0.913	59.3	11
Chemicals and chemical products (37)	-3.07 (-2.027)	-1.048 (-13.605)	0.829 (8.879)	0.702	183.4	155

Note: All equations exceed the 1% level of statistical significance.

show the expected direct variation of intake with plant output.

The double-log form of estimation means that the coefficient of the price variable measures the price elasticity of water demand (which is assumed to be constant). The fact that the absolute values of these elasticities fall between 0 and 1 confirms the results of previous studies. The elasticities for some of the major water users (e.g., paper and allied products, primary metals) are relatively high, indicating that increases in water price would have a substantial impact on water demand. This conforms with economic theory, which predicts that the absolute magnitude of the demand elasticity will increase as an

Table 8

Estimated Gross Water Demand Equations, National Two-Digit SIC Industries, 1981

(estimated equation: $\ln(Q_{gross}) = a_1 + a_2\ln(P_w) + a_3\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Food and beverages (10)	4.236 (12.33)	-0.678 (17.98)	0.497 (17.67)	0.511	373.2	711
Rubber and plastics (16)	5.370 (7.949)	-0.915 (-14.77)	0.327 (6.100)	0.613	149.3	185
Textile products (18)	5.754 (5.539)	-0.838 (-7.409)	0.348 (4.419)	0.499	48.7	94
Wood products (25)	-2.278 (-2.279)	-0.727 (-5.366)	0.906 (5.841)	0.636	38.5	41
Paper and allied (27)	-8.259 (-6.304)	-0.635 (-9.775)	1.437 (14.44)	0.836	332.6	128
Primary metals (29)	-2.916 (-2.584)	-0.469 (-6.394)	1.081 (12.02)	0.813	222.6	100
Metal fabricating (30)	3.311 (3.332)	0.882 (-9.389)	0.503 (6.176)	0.524	80.8	143
Transportation equipment (32)	4.421 (5.532)	-0.708 (-5.759)	0.443 (7.136)	0.431	61.3	157
Nonmetallic mineral products (35)	1.358 (2.371)	-0.666 (-10.87)	0.699 (14.52)	0.681	221.5	205
Refined petroleum and coal (36)	-6.938 (-3.242)	-0.425 (-3.672)	1.521 (9.489)	0.852	98.6	32
Chemicals and chemical products (37)	-0.696 (-1.002)	-1.059 (-17.79)	0.867 (15.23)	0.739	391.9	280

Note: All equations exceed the 1% level of statistical significance.

input's share in total costs rises. In one case, (i.e., refined petroleum and coal in 1986), the price elasticity is greater than one, indicating that a given percentage rise in price, on average, would lead to a greater than proportional change in intake demand. This finding is unusual in the industrial water demand field.

Not only are the price elasticities highly significant statistically but they appear to have risen over the five-year period of study. Conventionally, water demand has been tied to the nature of a firm's fixed capital stock and thus relatively insensitive to the price of (minor) inputs like water. The observed increases in price elasticity may indicate the growing importance of the use of previously "free" environmental resources. It may also result from the increase in real expenditures referred to above. As plant managers spend more on water acquisitions, they are likely to become more concerned about water conservation as a means of reducing expenditures.

National Gross Water Use

Tables 7 and 8 report (for 1986 and 1981) the results of a second analysis to determine water demand functions for Canadian industries.

Table 9

Estimated Water Demand Equations with Added Explanatory Variables, National Two-Digit SIC Industries, 1986

(estimated equation: $\ln(Q_{gw})=a_5 + a_6\ln(P_{iw}) + a_7\ln(P_{ww}) + a_8\ln(P_{rc}) + a_9\ln(P_{dw}) + a_{10}\ln(Q) + \epsilon$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_{iw})$	$\ln(P_{ww})$	$\ln(P_{rc})$	$\ln(P_{dw})$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Food (10)	6.731 (3.061)	-0.232 (-1.96)	-0.067 (-0.783)	-0.231 (-2.281)	-0.345 (-4.149)	0.219 (1.713)	0.561	11.7	42
Beverage (11)	NO INFORMATION								
Rubber products (15)	NO INFORMATION								
Plastic products (16)	12.807 (1.609)	-2.35 (-1.741)	0.689 (1.067)	0.804 (2.115)	0.674 (1.061)	0.006 (0.015)	0.062	1.1	6
Primary textiles (18)	-81.74 (-1.378)	2.371 (1.037)	0.419 (0.449)	0.351 (0.365)	-0.236 (-0.297)	5.72 (1.543)	0.732	4.3	6
Textile products (19)	NO INFORMATION								
Wood products (25)	NO INFORMATION								
Paper and allied (27)	-6.66 (-1.939)	-0.273 (-2.208)	-0.332 (-3.739)	-0.052 (-0.732)	-0.0271 (-0.247)	1.06 (5.132)	0.902	58.1	31
Primary metals (29)	-16.692 (-3.746)	-0.237 (-0.815)	-0.107 (-0.636)	-0.043 (-0.205)	-0.074 (-0.452)	1.601 (6.525)	0.897	27.2	15
Metal fabricating (30)	-5.8 (1.299)	-0.675 (-2.309)	-0.196 (-0.576)	0.225 (0.857)	0.116 (0.653)	1.017 (3.688)	0.659	7.2	16
Transportation equipment (32)	2.185 (0.649)	-0.135 (-0.236)	-0.104 (-0.622)	0.022 (0.084)	-0.12 (-0.671)	0.543 (2.669)	0.504	3.6	13
Nonmetallic mineral products (35)	-8.708 (-1.465)	0.274 (0.726)	-1.087 (-3.75)	-0.104 (-0.835)	-0.064 (-0.166)	1.091 (2.963)	0.949	26.9	7
Refined petroleum and coal (36)	-20.363 (-1.313)	-1.2 (-2.323)	-0.063 (-0.073)	0.152 (0.396)	-0.195 (-0.429)	1.628 (1.96)	0.795	8.0	9
Chemicals and chemical products (37)	3.043 (1.419)	-0.511 (-4.9)	-0.274 (-3.359)	-0.074 (-1.342)	-0.117 (-1.445)	0.467 (3.604)	0.839	40.7	38

In contrast to the equations of Tables 5 and 6, this set of equations treats gross water use (i.e., the sum of intake plus recirculation) as a function of total water cost (i.e., expenditures for intake, pre-treatment, recirculation, and waste treatment). In a sense this analysis is somewhat broader in nature, in that it relates the industries' gross water use to their (total) average water costs rather than examining the intake quantity – price relationship.

In all cases but two (wood and fabricated metal) in 1986, the adjusted R^2 value improved through this second analysis, in some cases increasing over 20%. This implies that the second analysis is substantially better than the first in

Table 10

Estimated Water Demand Equations with Added Explanatory Variables, National Two-Digit SIC Industries, 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_5 + a_6\ln(P_w) + a_7\ln(P_{ss}) + a_8\ln(P_{rc}) + a_9\ln(P_{out}) + a_{10}\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(P_{ss})$	$\ln(P_{rc})$	$\ln(P_{ds})$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Food and beverage (10)	4.535 (13.43)	-0.520 (-14.82)	-0.066 (-5.056)	-0.073 (-5.368)	-0.040 (-3.450)	0.421 (15.75)	0.518	154.0	708
Rubber and plastics (16)	6.311 (6.290)	-0.720 (-7.051)	-0.068 (-1.567)	-0.075 (-1.769)	0.007 (0.188)	0.289 (4.145)	0.541	23.6	91
Textile products (18)	4.938 (6.956)	-0.625 (-8.544)	-0.111 (-2.978)	-0.030 (-1.190)	0.179 (-5.332)	0.200 (3.911)	0.532	43.5	182
Wood products (25)	-2.479 (-1.507)	-0.648 (-4.969)	-0.101 (-1.330)	-0.040 (-0.414)	-0.081 (-2.104)	0.840 (6.513)	0.729	24.1	38
Paper and allied (27)	-3.815 (-2.794)	-0.490 (-7.775)	-0.083 (-3.011)	-0.233 (-0.178)	0.044 (1.900)	0.102 (10.78)	0.854	152.5	125
Primary metals (29)	-3.005 (-2.389)	-0.428 (-4.693)	-0.025 (-0.638)	0.004 (-0.144)	-0.055 (-1.703)	1.014 (10.54)	0.811	88.3	97
Metal fabricating (30)	3.934 (4.361)	-0.840 (-7.751)	0.007 (0.157)	-0.046 (-1.500)	-0.005 (-0.212)	0.420 (5.602)	0.480	27.7	140
Transportation equipment (32)	5.067 (7.601)	-0.765 (-6.285)	-0.092 (-1.835)	-0.068 (-1.879)	0.002 (0.692)	0.344 (6.809)	0.513	34.4	154
Nonmetallic mineral products (35)	2.735 (5.859)	0.557 (-9.061)	-0.017 (-0.729)	-0.056 (-1.985)	-0.078 (-3.555)	0.515 (12.23)	0.687	91.7	202
Refined petroleum and coal (36)	-3.833 (-1.771)	-0.661 (-4.700)	-0.020 (-3.361)	0.136 (3.362)	-0.004 (-9.51)	1.181 (7.207)	0.825	33.1	29
Chemicals and chemical products (37)	1.403 (2.198)	-0.824 (-14.61)	-0.071 (-2.238)	0.074 (3.208)	-0.022 (-1.297)	0.641 (12.18)	0.746	166.9	277

explaining the variation of water use. As indicated earlier, this may be due, in part, to the different specification of the plant output variable. In one case, refined petroleum and coal, the equation explains over 90% of the variance in gross water use. The F values are all very highly significant in statistical terms, a finding that has important implications for policy purposes, as discussed later in this paper.

Most of the average price elasticity values fall into the inelastic range (i.e., absolute values between 0 and 1). But most are also over 0.5, indicating that a water price change could have a relatively large impact in water use. For refined petroleum and coal, this impact would be larger in percentage terms than the percentage change in price. For most industrial groups, the absolute elasticities rose between 1981 and 1986, indicating a growing sensitivity to water price.

Adding Explanatory Variables

Adding explanatory variables is another means of extending Table 5. Economic theory maintains that a firm's input demand equations should include the price of other inputs as independent variables. The survey data collected in both 1981 and 1986 do not allow this type of analysis, but will allow the analyst to include the

prices of other water inputs, in the form of the average costs of the other categories of water use: treatment prior to use (P_{trt}), recirculation (P_{rcr}), and treatment prior to discharge (P_{dis}),. The dependent variable, again, is the natural log of the quantity of intake water. The results of this set of regression analyses are given in Tables 9 (1986) and 10 (1981).

Theoretically, one can anticipate the signs of the independent variables. As in the analyses outlined earlier, the sign of the output variable should be positive, since water intake varies directly with output. Intake and discharge also vary directly, which should make the signs of P_{in} and P_{dis} negative. Intake and recirculation are expected to be substitutes, and therefore the sign on P_{rcr} should be positive. The expected sign on P_{trt} is unclear, since some firms may treat all of their water (suggesting complementarity with input), while some may choose between treated and untreated water (suggesting substitutability).

The results of this analysis are encouraging in some respects, disappointing in others. In 1986, in all cases, the adjusted R^2 values with the enhanced equations are higher than those which use only one price variable (cf. Table 5). However, for four industries the data were insufficient to allow estimation of the enhanced equation, thereby weakening somewhat its increased explanatory power. However, in 1981, the addition of the other independent variables tended to lower the adjusted R^2s of the equations (cf. Tables 6, 8, and 10). This loss is attributable, in part, to correlations among the explanatory variables, so that the additional variables provide little additional explanatory power.

Considering the enhanced equation by itself through time, the R^2 values generally increased between 1981 and 1986. In four cases, this value was over 0.8, denoting the relatively large explanatory power of the enhanced equation. The F statistics for both years indicate, again, that the overall equation is very highly significant.

As noted, there are also negative results indicated in Tables 9 and 10. First, the t values fell during the period of analysis, and in many cases indicate coefficients not even significant at the 5% level. Second, there were fewer data in 1986 because many of the questionnaires were incomplete with respect to the four cost components or the output measurement. Third, the anticipated signs were often not found (Table 11). The worst case occurred in 1981 in conjunction with recirculation, when 8 of 11 signs were negative instead of positive, indicating complementarity with water intake. This may be due to the poorer quality of the recirculation data or due to the specification of the price of the recirculation variable. Alternatively, the estimation results may reflect the true state of firms' water-use technology; for example, each cubic metre of water is recirculated a preset number of times.

Table 11

Analysis of Signs of the Independent Variables in Relation to the Anticipated Signs

Variable	Hypothesis verified 1981	Hypothesis verified 1986	Hypothesis unverified 1981	Hypothesis unverified 1986
Output	11	10	0	0
Intake	10	8	1	2
Discharge	7	8	4	4
Recirculation	5	3	5	8

In both years, the signs of the P_{trt} variable are predominantly negative. This suggests that most firms view water intake and treatment prior to use as complementary, further suggesting that most firms find the ambient water quality inferior for use without treatment.

The relatively poor showing of the added price variables is probably attributable to the low response rates for questions eliciting this information on the Industrial Water Use Surveys. Since the information on these variables cannot be estimated or otherwise supplemented, the relatively poor results at the two-digit national level (i.e., the most aggregated) indicates that to continue to include them in further analyses would not be fruitful at this point, although a future pooled cross-sectional time series approach might prove more useful. Consequently, the

remainder of the analyses presented in this paper focus on the national three-digit and the provincial two-digit levels of analysis, and include only the price of water intake (P_{in}) and the indicator of firm output (X) as independent variables.

Demand Functions at a Finer Level of Detail

The data allow the calculation of water demand functions at a finer three-digit SIC level. These may be useful to planners working with specific industries or industrial complexes. For 1986 (Table 12), equations were calculated for 54 industrial subgroups. Of these, 39 were statistically significant at the 5% level or better, as indicated by the F statistic. The majority (49) of the equations showed a negative price elasticity, which ranged from near 0 (five industries between 0 and .1) to over 1 (SICs 152, 181, 192, 199, 297, 358, 361, and 373). Two equations (SICs 105 and 107) had positive price elasticities, but neither of these was statistically significant. The majority (43 of 54) of the t statistics for the P_{in} variable proved significant at the 5% level, or better.

The signs of the output variable were uniformly positve, indicating the increase of water intake with output. Most of the coefficients varied between 0 and 1, but fifteen proved greater than 1, implying that, on average, a given percentage increase in output will produce a greater than proportional increase in water intake. The small sample sizes (see the D.F. statistics) in some of the groups mean that the equations are tentative at this point (i.e., until a cross-sectional time series analysis can be performed) but the overall results for 1986 are quite good.

The analysis for 1981 (Table 13) was also encouraging from the viewpoint of showing the variation of water use with price. Most industries had statistically significant price coefficients ranging between 0 and -1. The price coefficients for SICs 186, 295, 323, 326, and 354 were not significantly different from 0. The output coefficients were uniformly positive, and all but five SICs (105, 181, 182, 326, and 327) were significant at the 5% level, or better.

For both years, the estimated price coefficients reported in Tables 12 and 13 show a larger range of values than do those at the broader, two-digit level of aggregation (cf. Tables 5 and 6). This suggests that aggregating upwards leads to a loss of information, since the two-digit analysis includes an average of the three-digit one. The food industry (SIC 10) for 1986 is a case in point. Table 5 establishes the two-digit price coefficient at -0.56; according to Table 12, the range of variation is from statistical insignificance (SICs 105-107) to -0.81 (SICs 108). Finally, between 1981 and 1986, there was a slight tendency for the absolute values of the price elasticities to increase. For the three-digit groups that were directly comparable, 17 experienced an increased elasticity greater than 10%; conversely, 10 fell by greater than 10%.

Interprovincial Comparisons

Breaking the data down into provincial areas allows the investigation of regional patterns in the water demand coefficients (Tables 14 to 23). The relatively small industrial bases of several provinces permitted compilation within only three, or fewer, industry sectors. Also compilation was done at the two-digit SIC level. For both years, the empirical results were quite good, with highly significant F and t tests for the most part. Most of the coefficients displayed the anticipated sign. The few exceptions occurred in connection with industries that had a limited number of degrees of freedom (i.e., small sample size). None of these were statistically significant.

Table 24 synthesizes the provincial analyses by compiling the ranges around the national averages for each SIC group. As noted previously, a striking increase in price elasticities (in absolute value) took place over the five-year period. The range of variation also increased through the period. The output elasticities and the R^2 coefficients exhibited less of a tendency to increase uniformly.

The results also suggest that "regional" patterns exist. For example, the estimated coefficients for Ontario industries do not resemble those of their Quebec counterparts, and the results for Prairie provinces are not especially close to those of other regions. Table 24 demonstrates that the national results for any industry consist of an average over a substantial range of provincial results. For example, in the beverage industry in 1986, the national price elasticity of -0.570 falls within a wide range, from -1.085 to -0.110.

Table 12

Estimated Water Demand Functions, National Three-Digit SIC Industries, 1986

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Meat and poultry products (101)	7.34 (3.737)	-0.354 (-2.587)	0.204 (1.717)	0.129	5.8	67
Fish products (102)	-0.815 (-0.300)	-0.55 (-4.062)	0.69 (4.001)	0.593	21.4	28
Fruit and vegetable products (103)	0.862 (0.410)	-0.432 (-2.108)	0.625 (5.013)	0.483	15.4	31
Dairy products (104)	3.397 (2.188)	-0.4372 (-4.020)	0.425 (4.495)	0.477	22.0	46
Flour, prepared cereal food, and feed (105)	-0.220 (-0.019)	0.174 (0.192)	0.629 (0.961)	0.120	0.5	9
Vegetable oil mills (106)	-47.27 (-2.01)	-0.207 (-0.711)	3.296 (2.510)	0.594	6.1	7
Bread and other bakery products(107)	-0.525 (-0.144)	0.116 (0.361)	0.661 (3.058)	0.388	5.1	13
Sugar and sugar products (108)	-8.203 (-1.652)	-0.805 (-4.082)	1.079 (3.595)	0.851	26.8	9
Other food products (109)	-3.598 (-1.176)	-0.709 (-3.059)	0.841 (4.665)	0.504	130.7	37
Soft drinks (111)	-3.415 (-3.363)	-0.175 (-2.015)	0.886 (14.187)	0.919	102.8	18
Distillery products (112)	-8.274 (-0.745)	-0.776 (-1.421)	1.136 (1.645)	0.627	6.9	7
Brewery products (113)	0.0609 (0.604)	-0.173 (-1.265)	0.7 (13.132)	0.945	86.9	10
Wine products (114)	0.343 (0.094)	-0.93 (-1.976)	0.554 (2.296)	0.463	6.6	13
Tire and tube (151)	-6.56 (-1.506)	-0.869 (-1.464)	0.99 (3.699)	0.843	14.5	5
Rubber hose and belting (152)	-24.997 (-1.14)	-2.249 (-2.155)	1.997 (1.586)	0.469	2.8	4
Other rubber products (159)	-3.676 (-0.762)	-0.411 (-1.779)	0.889 (2.896)	0.554	7.8	11
Foamed and expanded plastic (161)	-4.836 (-0.39)	-0.131 (-0.182)	0.931 (1.2)	0.18	1.4	4
Plastic pipe and fittings (162)	1.666 (0.207)	-0.052 (-0.11)	0.575 (1.212)	0.333	0.8	10

Table 12 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_e)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Plastic film and sheeting (163)	7.81 (1.491)	-0.004 (-0.009)	0.226 (0.734)	0.153	0.3	11
Other plastic products (169)	7.932 (2.971)	-0.671 (-3.823)	0.084 (0.505)	0.208	7.3	48
Man-made fibre and filament (181)	-4.293 (-0.886)	-1.186 (-2.729)	0.833 (2.542)	0.861	25.8	8
Spun yarn and woven cloth (182)	-5.029 (-1.379)	-0.552 (-3.068)	0.951 (4.282)	0.592	17.0	22
Carpet, mat, and rug (192)	-12.699 (-1.778)	-1.231 (-2.762)	1.341 (3.403)	0.529	6.6	10
Other textile products (199)	-4.89 (-0.534)	2.572 (1.055)	1.228 (1.8)	0.242	1.6	4
Sawmill and planing mill products (251)	-2.609 (-0.883)	-0.912 (-8.987)	0.701 (3.938)	0.688	56.1	50
Pulp and paper products (271)	-6.155 (-3.47)	-0.37 (-7.055)	1.126 (11.083)	0.817	150.9	67
Other converted paper products (279)	3.212 (1.116)	-0.701 (-4.129)	3.8 (2.134)	0.494	13.1	25
Primary steel (291)	-11.032 (-6.00)	-0.573 (-4.988)	1.321 (12.21)	0.889	121.2	30
Steel pipe and tube (292)	NO INFORMATION					
Iron foundries (294)	-10.15 (-2.667)	-0.788 (-2.062)	1.233 (5.182)	0.650	17.7	18
Nonferrous metal smelting and refining (295)	12.929 (4.366)	-0.767 (-2.037)	0.039 (0.257)	0.254	2.4	8
Aluminum rolling casting and extrusion (296)	11.124 (2.25)	0.03 (0.08)	0.057 (0.057)	-0.153	0.0	15
Copper and alloy rolling casting and extrusion (297)	-6.25 (-2.699)	-1.092 (-5.114)	0.96 (7.028)	0.940	40.2	5
Fabricated structural metal (302)	3.763 (0.512)	-0.721 (-1.398)	0.319 (0.708)	0.054	1.4	13
Stamped, pressed, and coated metal (304)	2.065 (1.255)	-0.685 (-3.042)	0.466 (4.731)	0.328	13.7	52
Wire and wire products (305)	-2.019 (-0.644)	-0.731 (-3.207)	0.75 (3.84)	0.485	17.5	35
Aircraft and aircraft parts (321)	2.379 (0.446)	-0.321 (-0.755)	0.504 (1.678)	0.073	1.4	11
Motor vehicles (323)	-13.479 (-2.82)	-0.584 (-1.603)	1.225 (4.667)	0.984	127.4	4

Table 12 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_m)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Motor vehicle parts and accessories (325)	-2.871 (-1.496)	-0.698 (-3.835)	0.768 (6.675)	0.554	43.3	68
Railroad rolling stock (326)	17.314 (1.063)	-0.761 (-1.461)	-0.453 (-0.459)	0.040	1.1	4
Shipbuilding and repair (327)	NO INFORMATION					
Hydraulic cement (352)	0.771 (0.176)	-0.573 (-9.122)	0.635 (2.53)	0.900	45.9	10
Concrete products (354)	-4.36 (-1.026)	-0.067 (-0.378)	0.876 (3.321)	0.376	5.5	15
Ready-mix concrete (355)	-4.839 (-3.196)	-0.737 (-9.326)	0.885 (8.884)	0.853	97.0	33
Glass and glass products (356)	-14.76 (-2.8)	-0.199 (-0.713)	1.516 (4.818)	0.692	13.4	211
Abrasive products (357)	-7.532 (-1.233)	-0.998 (-7.154)	1.057 (2.739)	0.927	45.3	7
Lime products (358)	-10.387 (-0.038)	-1.517 (-0.196)	1.169 (0.072)	0.167	0.1	3
Other nonmetallic mineral products (359)	-4.866 (-1.626)	-0.733 (-3.947)	0.903 (4.936)	0.692	25.7	22
Refined petroleum (361)	-10.513 (-1.466)	-1.202 (-4.234)	1.134 (3.044)	0.762	18.6	11
Industrial chemicals (371)	-2.264 (-0.96)	-0.809 (-6.463)	0.79 (5.258)	0.762	74.5	46
Plastic and synthetic resin (373)	4.239 (1.00)	-1.178 (-4.94)	0.347 (1.353)	0.675	17.6	16
Pharmaceutical and medicine (374)	6.967 (2.20)	0.041 (0.174)	0.216 (1.154)	0.109	0.8	15
Paint and varnish (375)	-5.332 (-1.454)	-0.75 (-2.73)	0.915 (4.2)	0.486	9.5	18
Soap and cleaning compounds (376)	1.859 (0.546)	-0.573 (-3.475)	0.509 (2.485)	0.501	8.0	14
Other chemical products (379	-3.273 (-0.913)	-0.777 (-3.865)	0.812 (3.662)	0.427	16.3	41

Table 13

Estimated Water Demand Functions, National Three-Digit SIC Industries, 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Meat and poultry products (101)	5.367 (7.280)	-0.487 (-5.638)	0.419 (7.044)	0.414	46.5	127
Fish products (102)	0.694 (0.534)	-0.583 (-6.806)	0.771 (7.233)	0.646	63.2	66
Fruit and vegetable processors (103)	1.607 (1.528)	-0.164 (-1.822)	0.805 (9.551)	0.614	48.7	58
Dairy products (104)	4.890 (8.476)	-0.585 (-9.921)	0.420 (8.773)	0.518	91.8	167
Flour and cereal products (105)	7.166 (5.620)	-0.681 (-2.527)	0.147 (1.468)	0.216	5.0	27
Miscellaneous food products (108	0.767 (0.716)	-0.783 (-7.933)	0.707 (8.353)	0.587	80.5	10
Beverages (109)	4.660 (6.292)	-0.442 (-4.150)	0.507 (8.064)	0.419	50.7	136
Rubber products (162)	0.067 (0.048)	-0.325 (-2.358)	0.805 (7.297)	0.656	47.7	47
Fabricated plastic products (165)	7.296 (9.174)	-0.774 (-9.205)	0.126 (2.057)	0.383	44.8	139
Cotton yarn and cloth mills (181)	7.271 (2.269)	-0.813 (-4.337)	0.217 (0.911)	0.689	16.5	12
Wool yarn and cloth mills (182)	9.559 (5.168)	-0.714 (-2.105)	0.038 (0.271)	0.234	2.1 (NS)	5
Man-made fibre, yarn, and cloth mills (183)	-1.298 (-0.858)	-0.937 (-6.849)	0.798 (6.900)	0.810	80.0	35
Carpet, mat, and rug plants (186)	3.311 (0.932)	0.144 (0.318)	0.706 (2.641)	0.295	3.5 (NS)	10
Miscellaneous textiles (189)	0.639 (0.183)	-0.587 (-2.759)	0.746 (2.711)	0.378	7.7	20
Wood industries (251)	-3.759 (-2.052)	-0.816 (-6.400)	0.974 (6.827)	0.707	50.6	39
Pulp and paper mills (271)	-4.073 (-2.216)	-0.382 (-5.815)	1.192 (8.975)	0.731	111.0	79
Miscellaneous paper converters (274)	-0.458 (-0.285)	-0.515 (-3.066)	0.774 (6.287)	0.505	25.5	46
Iron and steel mills (291)	-5.226 (-2.736)	-0.376 (-3.120)	1.232 (8.241)	0.855	89.5	28
Steel pipe and tube mills (292)	3.583 (1.898)	-1.118 (-4.934)	0.463 (3.261)	0.746	24.5	14

Table 13 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_m)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Iron foundries (294)	-4.997 (-1.458)	-0.769 (-4.517)	1.176 (4.249)	0.602	25.2	30
Non-ferrous metal smelting and refining (295)	-6.835 -2.466)	-0.063 (-0.377)	1.418 (6.558)	0.839	55.6	19
Fabricated structural metals (302)	0.109 (0.055)	-0.807 (-5.285)	0.667 (4.294)	0.731	32.2	21
Metal coating and plating (304)	5.445 (3.569)	-0.676 (-2.862)	0.362 (2.982)	0.185	6.6	47
Wire and wire products (305)	-2.347 (-1.485)	-0.643 (-4.360)	0.945 (7.345)	0.653	56.4	57
Aircraft and aircraft parts (321)	5.973	-0.753	0.332	0.255	6.0	27
Motor vehicles (323)	-4.481 (-2.120)	-0.459 (-1.063)	1.051 (6.772)	0.803	31.5	13
Motor vehicle parts (325)	6.565 (7.518)	-0.939 (-6.512)	0.198 (2.667)	0.450	39.5	92
Railroad rolling stock (326)	6.618 (1.291)	-0.123 (-0.237)	0.369 (0.925)	0.200	1.1 (NS)	5
Shipbuilding and repair (327)	6.641 (1.516)	-1.289 (-1.905)	0.244 (0.698)	0.462	5.7	9
Cement mfg. (352)	-2.323 (-0.589)	-0.403 (-2.981)	1.022 (3.385)	0.702	19.8	14
Concrete products (354)	1.603 (1.018)	-0.072 (-0.299)	0.702 (5.294)	0.465	14.0	28
Ready mix concrete	1.604 (1.879)	-0.195 (2.251)	0.727 (9.332)	0.533	48.3	81
Glass and glass products (356)	4.678 (3.214)	-0.648 (-2.550)	0.432 (3.846)	0.579	16.1	20
Abrasives mfg. (357)	6.979 (8.799)	-0.359 (-6.131)	0.214 (3.494)	0.215	27.6	193
Lime mfg. (358)	-3.537 (-1.218)	-0.918 (-5.162)	1.004 (4.389)	0.797	36.4	16
Misc. nonmetallic (359)	6.876 (4.794)	-0.630 (-3.364)	0.260 (2.327)	0.286	8.6	36
Petroleum refineries (365)	-1.574 (-0.593)	-0.543 (-4.198)	1.013 (5.098)	0.708	36.1	27
Plastics and synthetic resins (373)	0.351 (0.130)	-0.390 (-2.754)	0.871 (4.213)	0.532	14.6	22
Pharmaceuticals and medicines (374)	-0.556 (-0.281)	-0.522 (-2.278)	0.808 (5.154)	0.451	17.0	37
Paint and varnish (375)	-2.724 (-1.036)	-0.588 (-1.979)	0.993 (4.628)	0.465	13.2	26
Soap and cleaning compounds (376)	7.301 (6.598)	-0.669 (-2.927)	0.207 (2.081)	0.433	10.9	24
Industrial chemicals (378)	-0.992 (-0.969)	-0.734 (-8.809)	0.922 (10.83)	0.805	193.2	91
Miscellaneous chemical products (379)	-0.996 (-0.819)	-0.906 (-8.282)	0.852 (8.261)	0.730	91.6	65

NS = not significant.

Table 14

Estimated Water Demand Functions, British Columbia Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Food (10)	-5.901 (-1.768)	-0.506 (-2.241)	0.991 (4.823)	0.627	20.4	23
Beverage (11)	-3.005 (-0.943)	-1.085 (-1.94)	0.744 (4.322)	0.713	9.7	7
Plastic (16)	1.841 (0.124)	-0.488 (-0.982)	0.487 (0.503)	0.094	0.7	6
Wood industries (25)	-15.000 (-3.019)	-1.086 (-8.097)	1.391 (4.838)	0.769	39.2	23
Paper and allied (27)	-7.582 (-2.846)	-0.162 (-0.948)	1.262 (8.019)	0.877	43.9	12
Primary metals (29)	-15.110 (-2.506)	-0.694 (3.54)	1.502 (-1.03)	0.929	33.5	5
Fabricated products (30)	-5.886 (-0.972)	-1.747 (-1.686)	0.804 (2.297)	0.465	3.6	6
Other nonmetallic mineral products (35)	-6.657 (-0.746)	-2.393 (-1.768)	0.738 (1.091)	0.657	7.7	7
Chemical and chemical products (37)	-52.995 (-1.933)	-0.575 (-1.281)	3.880 (2.221)	0.705	7.0	5

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups. Equations for 1981 are contained in Renzetti (1986), but are not included here because they were calculated using a different functional form than the one used in this paper.

NS = not significant.

Table 15

Estimated Water Demand Functions, Alberta Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	9.631 (4.083)	-0.717 (-3.497)	0.058 (0.406)	0.354	6.5	20
Beverage (11	-11.486 (-1.043)	-0.11 (-0.231)	1.381 (2.007)	0.541	4.5	6

Table 15 (continued)

Industry (SIC)	Constant	ln(P_m)	ln(Q)	R^2	F	D.F.
		1986				
Paper and allied (27)	-22.748 (-2.971)	-0.634 (-2.411)	1.964 (4.311)	0.966	71.2	5
Primary metals (29)	-2.97 (-0.973)	-1.476 (-4.968)	0.741 (4.033)	0.947	36.7	4
Fabricated products (30)	5.269 (0.777)	0.104 (0.068)	0.29 (0.701)	-0.289	0.3	6
Other nonmetallic mineral products (35)	-8.378 (-1.565)	-0.625 (-3.641)	1.125 (3.452)	0.810	13.7	6
Refined petroleum and coal (36)	-26.124 (-17.771)	-0.273 (-1.299)	1.974 (24.995)	0.995	378.2	4
Chemical and chemical products (37)	6.996 (1.752)	-1.387 (-5.142)	0.171 (0.678)	0.774	23.2	13
		1981				
Food and beverage (10)	2.188 (1.282)	-0.441 (-4.637)	0.669 (6.490)	0.444	32.9	78
Textiles (18)	8.937 (3.536)	-1.144 (-6.202)	0.098 (0.346)	0.866	26.9	6
Wood products (25)	-2.176 (-1.013)	-0.227 (-0.230)	0.946 (7.786)	0.958	34.8 (NS)	1
Paper and allied (27)	-11.71 (-2.234)	-0.197 (-1.283)	1.737 (4.229)	0.842	19.7	5
Primary metals (29)	3.690 (1.364)	-1.299 (-2.777)	0.437 (2.006)	0.612	9.7	9
Metal fabricating (30)	3.572 (0.840)	-0.832 (-1.019)	0.461 (1.418)	0.579	9.9	11
Transportation equipment (32)	9.838 (3.373)	-0.995 (-1.749)	0.026 (0.106)	0.354	2.4 (NS)	3
Nonmetallic mineral products (35)	2.210 (1.441)	-0.4559 (-3.693)	0.641 (5.322)	0.644	190.4	207
Petroleum and coal products (36)	-4.838 (-0.77)	-0.317 (-1.082)	1.269 (2.655)	0.606	5.6 (NS)	4
Chemical and chemical products (37)	-0.513 (-0.227)	-0.436 (-2.063)	0.952 (4.849)	0.737	36.0	23

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups.
NS = not significant.

Table 16

Estimated Water Demand Functions, Saskatchewan Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	11.985 (3.243)	-0.474 (-1.968)	0.081 (0.350)	0.148	2.0	11
Beverage (11)	-9.209 (-2.523)	-0.507 (-1.688)	1.247 (5.705)	0.926	19.8	3
Other nonmetallic mineral products (35)	-1.66 (-0.386)	-0.379 (-1.906)	0.7 (2.515)	0.366	3.3	8
Chemical and chemical products (37)	0.54 (0.049)	2.059 (0.704)	0.678 (0.926)	-0.323	0.6	3
		1981				
Food and beverages	8.966 (10.29)	-0.645 (-4.037)	0.105 (1.446)	0.311	9.1	34
Primary metals + metal fabricating	-1.149 (-0.405)	-0.846 (-3.311)	0.780 (3.342)	0.764	10.7	4
Nonmetallic mineral products	-3.279 (-1.11)	-0.133 (-0.369)	1.106 (4.119)	0.722	11.4	6
Petroleum and coal + chemicals and chemical products	-2.667 (-0.536)	-0.496 (-2.443)	0.932 (2.479)	0.523	3.7 (NS)	3

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups.

Table 17

Estimated Water Demand Functions, Manitoba Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	8.259 (2.55)	-0.498 (-1.27)	0.163 (0.801)	0.081	1.4	8
Fabricated products (30)	-0.937 (-0.106)	-1.958 (-0.970)	0.587 (1.126)	-0.083	0.8	6

Table 17 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
		1986				
Other nonmetallic mineral products (35)	-0.681 (-0.067)	-0.5 (-2.207)	0.703 (1.14)	0.494	3.0	4
		1981				
Food and beverages (10)	0.583 (0.561)	-0.719 (-7.045)	0.778 (9.406)	0.649	59.3	61
Rubber and plastic products (16)	2.054 (0.713)	-0.198 (-0.981)	0.653 (2.570)	0.559	4.2 (NS)	3
Textile products (18)	6.562 (1.647)	-0.200 (-0.721)	0.244 (0.771)	0.120	1.7 (NS)	8
Paper and allied (27)	0.111 (0.299)	-2.110 (-2.717)	0.584 (2.104)	0.444	5.8	10
Primary metals (29)	-3.257 (-0.529	-0.188 (-0.552)	1.107 (2.083)	0.772	12.8	5
Metal fabricating (30)	2.907 (0.667)	0.288 (0.165)	0.604 (1.416)	0.700	1.3 (NS)	7
Transportation Equipment (32)	0.704 (0.108)	-1.891 (-0.414)	0.584 (1.381)	0.113	1.4 (NS)	4
Nonmetallic mineral products (35)	4.232 (1.971)	-0.552 (-1.584)	0.493 (2.582)	0.430	5.9	11
Petroleum and coal + chemicals (36 + 37)	-0.777 (-0.307)	-0.890 (-1.981)	0.932 (3.784)	0.606	12.5	13

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups.
NS = not significant.

Table 18

Estimated Water Demand Functions, Ontario Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	-3.761 (-1.87)	-0.722 (-6.318)	0.839 (7.0)	0.586	61.1	85
Beverage (11)	-7.722 (-3.454)	-0.786 (-2.958)	1.104 (8.104)	0.837	47.2	18
Rubber (15)	-0.013 (-0.004)	-1.189 (-2.369)	0.608 (2.729)	0.618	13.2	15

Table 18 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Plastics (16)	6.233 (1.86)	-0.591 (-2.708)	0.215 (1.05)	0.146	4.4	40
Primary textiles (18)	-14.44 (-3.285)	-0.424 (-1.641)	1.519 (-1.641)	0.841	43.4	16
Textile products (19)	-17.718 (-1.236)	-0.056 (-0.056)	1.689 (2.04)	0.237	2.1	7
Wood industries (25)	2.951 (0.359)	-1.171 (-5.056)	0.36 (0.712)	0.723	14.1	10
Paper and allied products (27)	-9.508 (-2.38)	-0.827 (-5.473)	1.191 (4.907)	0.849	90.8	32
Primary metal (29)	-7.756 (-3.617)	-0.709 (-4.216)	1.116 (8.585)	0.817	90.4	40
Metal fabrication (30)	3.526 (1.711)	-0.857 (-4.023)	0.388 (3.115)	0.309	13.8	57
Transportation equipment (32)	-1.044 (-0.683)	-0.718 (-4.343)	0.66 (7.194)	0.582	59.4	84
Nonmetallic mineral products (35)	-6.462 (-2.728)	-0.773 (-9.068)	0.988 (6.699)	0.835	112.5	44
Refined petroleum and coal (36)	6.435 (0.824)	-1.138 (-3.459)	0.279 (0.649)	0.882	12.2	3
Chemical and chemical products (37)	-3.124 (-1.457)	-0.884 (-8.36)	0.809 (6.218)	0.634	77.2	88
			1981			
Food and beverages	5.845 (10.90)	-0.633 (-8.712)	0.356 (8.211)	0.394	86.0	257
Rubber and plastics	7.045 (9.156)	-1.099 (-9.799)	0.137 (2.352)	0.467	52.8	116
Textile products	7.811 (6.310)	-0.953 (-4.947)	0.182 (1.978)	0.498	16.9	30
Wood products	-3.998 (-1.412)	-1.136 (-4.286)	0.971 (4.586)	0.751	16.1	8
Paper and allied products	-5.636 (-3.007)	-0.615 (-7.512)	1.197 (8.374)	0.846	154.6	54
Primary metals	-3.597 (-2.274)	-0.188 (-3.815)	1.085 (8.410)	0.838	125.1	46
Metal fabricated products	3.578 (2.705)	-0.818 (-6.302)	0.477 (4.367)	0.505	40.8	76
Transportation equipment	5.861 (7.385)	-0.794 (-5.974)	0.299 (4.565)	0.476	51.4	109

Table 18 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Nonmetallic mineral products (35)	0.725 (1.256)	-0.669 (-8.949)	0.725 (14.78)	0.783	198.1	107
Petroleum and coal (36)	-3.665 (-1.01)	-1.175 (-4.997)	0.982 (3.858)	0.846	25.7	7
Chemicals and chemical products (37)	3.496 (4.178)	-0.917 (-11.51)	0.500 (7.14)	0.670	154.5	149

Table 19

Estimated Water Demand Functions, Quebec Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	-3.2 (-1.567)	-0.548 (-3.787)	0.801 (6.636)	0.463	29.9	67
Beverage (11)	10.355 (0.087)	-0.909 (-1.387)	0.597 (2.172)	0.606	7.1	8
Rubber (15)	-9.909 (-1.558)	-0.59 (-2.388)	1.215 (3.276)	0.731	7.8	5
Plastic (16)	(167.007) (1.829)	-0.831 (-2.548)	0.143 (0.582)	0.219	3.7	19
Primary textiles (18)	-2.598 (-0.6)	-0.645 (-2.416)	0.798 (2.989)	0.578	9.9	13
Textile products (19)	-3.377 (-0.904)	-0.358 (-0.772)	0.921 (4.197)	0.727	9.0	6
Wood industries (25)	-16.683 (-3.517)	-0.605 (-2.826)	1.618 (5.518)	0.861	19.6	6
Paper and allied products (27)	-6.34 (-1.597)	-0.6 (-3.365)	1.05 (4.187)	0.757	49.3	31
Primary metal (29)	-1.159 (-0.291)	-1.082 (-3.738)	0.645 (2.546)	0.608	21.1	26
Fabricated products (30)	-1.954 (-0.702)	-1.193 (-4.03)	0.684 (3.859)	0.642	18.9	20
Transportation equipment (32)	7.655 (0.889)	-0.363 (-0.637)	0.18 (0.346)	-0.416	0.3	5
Other nonmetallic mineral products (35)	-7.754 (-3.505)	-0.64 (-3.554)	1.086 (7.884)	0.739	40.6	28

Table 19 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Refined petroleum and coal (36)	NO INFORMATION					
Chemical and chemical products (37)	-1.182 (-0.394)	-0.913 (-7.277)	0.655 (3.468)	0.754	50.1	32
		1981				
Food and beverage (10)	0.619 (0.897)	-0.732 (-11.13)	0.742 (12.28)	0.674	177.6	169
Rubber and plastics (16)	0.294 (0.145)	-0.593 (-4.515)	0.696 (4.301)	0.496	26.1	49
Textile products (18)	1.526 (0.947)	-0.604 (-3.707)	0.662 (5.242)	0.582	33.7	45
Wood products (25)	-8.538 (-2.959)	-0.853 (-5.138)	1.333 (5.907)	0.789	34.6	16
Paper and allied products (27)	-6.569 (-2.875)	-0.439 (-3.045)	1.327 (7.232)	0.810	75.5	33
Primary metals (29)	-3.812 (-1.631)	-0.292 (-1.465)	1.172 (5.891)	0.755	45.6	27
Metal fabricated products (30)	3.473 (2.516)	-1.294 (-4.804)	0.380 (3.251)	0.624	24.2	26
Transportation equipment (32)	3.132 (1.578)	-1.121 (-1.766)	0.421 (3.739)	0.501	10.0	16
Nonmetallic mineral products (35)	5.085 (4.419)	-0.228 (-0.909)	0.4242 (4.626)	0.409	13.1	33
Refined petroleum and coal (36)	0.812 (0.531)	-0.409 (-1.341)	0.874 (0.825)	0.268	1.9 (NS)	3
Chemicals and chemical products (37)	-3.764 (-3.756)	-1.033 (-13.02)	1.031 (12.02)	0.886	91.6	73

NS = not significant.

Table 20

Estimated Water Demand Functions, New Brunswick Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	14.675 (1.397)	-0.743 (-3.268)	-0.311 (-0.467)	0.623	9.3	10

Table 20 (continued)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Wood industries	16.402 (0.614)	-0.502 (-1.034)	-0.407 (-0.256)	0.200	0.8	3
		1981				
Food and beverage, rubber, plastics and textiles	6.644 (2.286)	-0.222 (-1.435)	0.371 (1.542)	0.180	3.1 (NS)	17
Wood, paper and allied	-4.262 (-0.543)	-0.519 (-2.322)	1.132 (1.973)	0.727	15.7	9
Primary metals, fabricated metals, nonmetallic minerals	-1.289 (-0.768)	-1.178 (-4.467)	0.719 (5.236)	0.890	33.3	6

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups.
NS = not significant.

Table 21

Estimated Water Demand Functions, Nova Scotia Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	5.624 (1.693)	-0.509 (-2.792)	0.278 (1.268)	0.525	9.3	15
Paper and allied (27)	-8.921 (-1.154)	0.886 (0.64)	1.644 (2.510)	0.732	5.1	3
		1981				
Food and beverage, rubber, plastics, textiles	0.261 (0.199)	-0.759 (-7.607)	0.753 (7.354)	0.665	53.6	51
Wood, paper and allied	1.839 (0.243)	-0.825 (-1.252)	0.682 (1.002)	0.751	8.6	3
Primary metals, fabricated metals and nonmetallic minerals	0.905 (0.389)	-0.532 (-3.843)	0.685 (3.452)	0.817	36.8	14
Refined petroleum and coal, chemicals, etc.	-3.265 (-0.814)	-0.665 (-1.053)	1.108 (2.681)	0.755	11.8	5

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups.

Table 22

Estimated Water Demand Functions, Prince Edward Island Two-Digit SIC Industries, 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Food	1.618 (0.935)	-0.644 (-1.469)	0.753 (3.917)	0.665	10.9	8

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups for 1981 or any of the equations for 1986.

Table 23

Estimated Water Demand Functions, Newfoundland Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

(estimated equation: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Industry (SIC)	Constant	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
		1986				
Food (10)	17.04 (0.570)	0.461 (0.312)	-0.325 (-0.186)	-0.600	0.1	5
Nonmetallic mineral products (35)	14.92 (4.61)	-2.349 (-9.815)	-0.541 (-2.479)	0.973	54.5	3
		1981				
Food and beverages (10)	-0.578 (-0.205)	-0.780 (-3.307)	0.847 (3.534)	0.650	21.4	20
Wood, paper, metals, petroleum and chemical composite	1.947 (0.274)	-1.050 (-1.687)	0.561 (0.803)	0.855	24.7	6

Note: Insufficient data were available to calculate equations for the remaining industrial groups.

Table 24

Comparison of Price and Output Elasticities among the Provinces, Two-Digit SIC Industries, 1986 and 1981

Industry	No. of provinces	Price elasticity			Output elasticity			R2		
		National	High	Low	National	High	Low	National	High	Low
					1986					
Food (10)	10	-0.562	-0.743	-0.018	0.527	0.991	0.058	0.426	0.665	0.148
Beverage (11)	5	-0.570	-1.085	-0.110	0.925	1.381	0.597	0.756	0.926	0.541
Rubber products (15)	2	-0.557	-1.189	-0.590	0.896	1.125	0.608	0.639	0.731	0.618
Plastic products (16)	3	-0.600	-0.831	-0.488	0.316	0.487	0.143	0.205	0.618	0.094
Primary textiles (18)	2	-0.697	-0.645	-0.424	1.024	1.519	0.798	0.756	0.841	0.578
Textile products (19)	2	-0.683	-0.358	-0.056	0.837	1.689	0.798	0.372	0.727	0.237
Wood products (25)	4	-0.912	-1.171	-0.502	0.700	1.618	0.360	0.688	0.861	0.200
Paper and allied (27)	5	-0.702	-0.827	-0.162	1.166	1.964	1.050	0.846	0.966	0.732
Primary metals (29)	4	-0.769	-1.476	-0.694	1.026	1.502	0.645	0.760	0.929	0.608
Metal fabricating (30)	5	-0.765	-1.958	-0.857	0.536	0.804	0.290	0.372	0.642	0.289
Transportation equipment (32)	2	-0.352	-0.718	-0.363	0.621	0.660	0.180	0.542	0.582	0.416
Nonmetallic mineral products (35)	7	-0.690	-2.393	-0.379	1.060	1.086	-0.541	0.797	0.973	0.365
Refined petroleum and coal (36)	2	-1.202	-1.138	-0.273	1.134	1.974	0.279	0.762	0.995	0.365
Chemical and chemical products (37)	5	-0.877	-1.387	-0.884	0.703	3.880	0.171	0.647	0.774	0.323
					1981					
Food and beverages (10)	8	-0.579	-0.780	-0.441	0.468	0.991	0.105	0.463	0.665	0.311
Rubber and plastics (16)	4	-0.359	-1.099	-0.198	0.214	0.696	0.137	0.215	0.559	0.094
Textiles (18)	4	-0.508	-1.144	-0.200	0.383	0.662	0.098	0.407	0.866	0.120
Wood (25)	4	-0.378	-1.136	-0.227	0.951	1.391	0.946	0.517	0.958	0.751
Paper and allied (27)	5	-0.229	-2.110	-0.162	1.551	1.737	0.584	0.793	0.877	0.444
Primary metals (29)	5	-0.270	-1.288	-0.188	1.174	1.502	0.437	0.775	0.929	0.612
Metal fabricating (30)	5	-0.292	-1.747	-0.288	0.535	0.804	0.380	0.313	0.700	0.465
Transportation equipment (32)	4	-0.460	-1.891	-0.794	0.419	0.584	0.026	0.440	0.501	0.113
Nonmetallic mineral products (35)	6	-0.564	-2.393	-0.133	0.597	1.106	0.424	0.660	0.783	0.409
Refined petroleum and coal (36)	3	-0.179	-1.175	-0.317	1.262	1.269	0.874	0.752	0.846	0.268
Chemicals and chemical products (37)	4	-0.148	-1.033	-0.436	0.840	3.880	.0500	0.617	0.887	0.670

CHAPTER 4

Conclusions and Policy Implications

The issue of economic factors as they relate to water use is an important current consideration in Canada. These factors lie at the heart of both providing incentives for more rational water use (e.g., resource conservation) and permitting full cost recovery of infrastructural expenditures. Thus reseach that helps throw light on the economics of water use is important not only in its own right, but also from a policy and decision-making viewpoint. The estimated demand equations indicate the sensitivity of industrial water use to changes in the level of water prices and can also be used to estimate the value assigned to water use by firms. The latter type of information could be used by provinces interested in setting water use royalties.

CONCLUSIONS

This paper has presented the results of a project undertaken over five years to conduct an econometric analysis of the nature of Canadian industrial water demands. This work replicated the research by Renzetti (1986), broadening it to include all Canadian provinces. The data used derived from the Environment Canada surveys of industrial water use for 1981 and 1986 (Tate and Scharf 1985, 1991).

The literature review showed that the economic theory of input demand is firmly established, having been applied to many industries and inputs. This body of literature forms an appropriate theoretical framework for analyzing industrial water demand and costs. Such analyses have, however, been late to develop because of the common perception that water is a free good, and the resultant lack of economic data on water use.

The types of analyses undertaken here involved the estimation of industrial water demand functions. These demand functions were estimated using linear multiple regression analysis. The equations took the double-log form with the quantity of industrial water demanded as the dependent variable, and the average costs of water intake, treatment prior to use, recirculation, and waste discharge, as well as a plant output measure, as the explanatory variables. Limitations on the data prevented the estimation of the water demand equations as part of a wider analysis of all plant inputs, and the use of an instrumental variable estimation procedure. As a result, the use of average costs as price proxies may introduce a simultaneity bias in the estimated regression equations. Despite this problem, the relatively simple econometric models used provided fairly high levels of explanatory power. For most industries and provinces, the price of intake water and the level of the firm's output explained much of the variance in industrial water demand.

POLICY IMPLICATIONS

Public policy in Canada has exhibited an almost total disregard for the potential uses of economics in carrying out the tasks of water management. While financial instruments and benefit/cost methodologies have been part of the tool kit of water managers across the decades, there is a virtual absence of any consideration of the incentive creation mechanisms of water pricing, effluent discharge fees, and the like. The root causes of this situation relate to the traditional perception that water is (or should be) a free good, and the resultant hypothesis that industrial water use is insensitive to price. Various works (e.g., FCM 1985) have given the

lie to the "water as a free good" argument, and it is not addressed further here.

The results of this paper establish conclusively that price is an important variable in industrial water use. This finding should underlie a whole new approach to industrial water management. It suggests, for example, that water charges would initiate water conservation through technological changes (such as the movement to greater levels of recirculation) and, over the longer run, progressive transformation in a firm's capital stock. It also suggests that strategies for pollution control should incorporate economic instruments such as effluent discharge fees or marketable permits. Finally, it means that analyses of future industrial water will almost inevitably fail unless they consider substantively the role of water price.

References

Babin, F., C. Willis, and P. Allen. 1982. Estimation of substitution possibilities between water and other production inputs. Am. J. Agric. Econ. 64(1): 148-151.

Berndt, E., and D. Wood. 1975. Technology, prices, and the derived demand for energy. Rev. Econ. Stat. 57:259-268.

Boland, J.J., B. Dziegielewski, D.D. Baumann, and E.M. Opitz. 1984. Influence of price and rate structures on municipal and industrial water use. Fort Belvoir, Va.: U.S. Army Corps of Engineers.

de Rooy, J. 1970. The industrial demand for water resources: an econometric analysis. Ann Arbor: University Microfilms.

Environment Canada. 1987. Federal Water Policy, Ottawa.

Federation of Canadian Municipalities (FCM). 1985. Municipal infrastructure in Canada: physical condition and funding adequacy. Ottawa.

Gibbons, D.C. 1986. The economic value of water. Resources for the Future. Washington, D.C.

Grebenstein, C., and B. Field. 1979. Substituting water inputs in U.S. manufacturing. Water Resour. Res. 15(2): 228-232.

Grima, A.P. 1972. Residential demand for water: alternative choices for management. Toronto: University of Toronto Press.

Howe, C.W., and F.P. Linaweaver, Jr. 1967. The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure. Water Resour. Res. 3(1): 13-32.

Jones, C., and J. Morris. 1984. Instrumental price estimates and residential water demand. Water Resour. Res. 20(2): 197-202.

Kindler, J., and C.S. Russell. 1984. Modeling water demands. Toronto: Academic Press.

Lee, T.R. 1969. Residential water demand and economic development. University of Toronto. Dep. Geogr. Res. Publ. No. 2.

Pearse, P.H. 1988. Property rights and the development of natural resource policies in Canada. Can. Public Policy 14(3): 307-320.

Pearse, P.H., and D.M. Tate. 1990. Economic instruments for sustainable development of water resources. In: A.H.J. Dorcey, ed. Perspectives on sustainable development in water management: towards agreement in the Fraser River basin. Vancouver, B.C.: University of British Columbia Westwater Research Centre.

Rees, J.A. 1969. Industrial water demand: A study of southeastern England. Oxford: Weidenfeld and Nicholson.

Renzetti, S. 1986. An econometric study of industrial water demand in British Columbia. Inland Waters Directorate, Environment Canada, Vancouver, B.C.

Renzetti, S. 1987. The economic aspects of industrial water use. Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa. unpub. ms.

Renzetti, S. 1988. An econometric study of industrial water demands in British Columbia, Canada. Water Resour. Res. 24(10): 1569-1574.

Tate, D.M. 1984. Industrial water use and structural change in Canada and its regions: 1966-1976. University of Ottawa, Ph.D. diss.

Tate, D.M. (1989). Municipal water rates in Canada, 1986: Current practices and prices. Soc. Sci. Ser. No. 21, Water Planning and Management Branch, Inland Waters Directorate, Environment Canada.

Tate, D.M., and D.N. Scharf, 1985. Water use in Canadian industry, 1981. Soc. Sci. Ser. No. 19. Water Planning and Management Branch, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa.

Tate, D.M., and D.N.Scharf 1991. Water use in Canadian industry, 1986. Soc. Sci. Ser. No. 24, Water Planning and Management Branch, Inland Waters Directorate, Environment Canada.

White, K. 1978. A general computer program for econometric methods - SHAZAM. Econometrica 46(1): 239-240.

Whittington, D. 1978. Forecasting industrial water use. Laxenberg, Austria: Int. Inst. Appl. Syst. Anal. Res. Memo. 78-71.

Ziegler, J., and S. Bell. 1984. Estimating the price for intake water by self-supplied firms. Water Resour. Res. 20(1): 4-8.

Environnement Canada
Conservation et Protection

Environment Canada
Conservation and Protection

Instruments économiques pour la gestion de l'eau
Tarification de l'eau dans l'industrie

D.M. Tate, S. Renzetti* et H.A. Shaw†

* Department of Economics, Brock University,
St. Catharines, Ontario
† Anciennement à la Direction de la planification
et de la gestion des eaux

Étude n° 26, Collection des sciences sociales

Direction générale des sciences et de l'évaluation des écosystèmes
Direction de la conservation et de l'économie
Ottawa, Canada, 1992

(Available in English on request)

Imprimé sur du papier à base de matériels récupérés

Publié avec l'autorisation
du ministre de l'Environnement

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1992
N° de cat. En 36-507/26F
ISBN 0-662-97463-8

Table des matières

		Page
RÉSUMÉ		vi
ABSTRACT		vi
1.	INTRODUCTION	1
	Justification du rapport	1
	Contexte	1
2.	MÉTHODOLOGIE	3
	Cadre de référence	3
	Études antérieures	4
	Aperçu des modèles d'estimation	7
	Fonctions de demande d'eau dans l'industrie	7
	Sources de données et méthodes d'analyse	8
3.	RÉSULTATS D'ANALYSE	10
	Vue d'ensemble de la demande et du coût de l'eau dans l'industrie	10
	Fonctions de demande d'eau dans l'industrie	13
	Prélèvement d'eau à l'échelle nationale	13
	Consommation totale de l'eau à l'échelle nationale	15
	Addition de variables explicatives	17
	Fonctions de demande à un niveau plus fin d'analyse	20
	Comparaisons interprovinciales	21
4.	CONCLUSIONS ET SIGNIFICATION SUR LE PLAN DES POLITIQUES	37
	Conclusions	37
	Incidences sur les politiques	38
RÉFÉRENCES		39

Tableaux

Page

1. Utilisation de l'eau par les secteurs manufacturiers canadiens, 1986 11
2. Utilisation de l'eau par les secteurs manufacturiers canadiens, 1981 11
3. Coût de l'eau par élément de coût, fabrication, 1986 12
4. Coût de l'eau par élément de coût, fabrication, 1981 12
5. Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1986 14
6. Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1981 15
7. Équations de la demande totale d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1986 16
8. Équations de la demande totale d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1981 17
9. Équations de la demande d'eau estimée, avec variables explicatives additionnelles, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, à l'échelle nationale, 1986 18
10. Équations de la demande d'eau estimée, avec variables explicatives additionnelles, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, à l'échelle nationale, 1981 19
11. Analyse du signe pris par les variables indépendantes par rapport au signe attendu 20
12. Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, à trois chiffres, à l'échelle nationale, 1986 22
13. Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, à trois chiffres, à l'échelle nationale, 1981 25
14. Fonctions de demande d'eau estimée, Colombie-Britannique, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 27
15. Fonctions de demande d'eau estimée, Alberta, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 27
16. Fonctions de demande d'eau estimée, Saskatchewan, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 29
17. Fonctions de demande d'eau estimée, Manitoba, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 29
18. Fonctions de demande d'eau estimée, Ontario, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 30
19. Fonctions de demande d'eau estimée, Québec, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 32
20. Fonctions de demande d'eau estimée, Nouveau-Brunswick, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 33

Tableaux (suite)

Page

21. Fonctions de demande d'eau estimée, Nouvelle-Écosse, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 34
22. Fonctions de demande d'eau estimée, Île-du-Prince-Édouard, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 35
23. Fonctions de demande d'eau estimée, Terre-Neuve, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 35
24. Comparaison des élasticités des prix et de la production entre les provinces, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981 36

Résumé

On entreprend une analyse économétrique servant à évaluer l'efficacité d'un instrument de politique (la tarification de l'eau) pour influer sur la quantité d'eau consommée par les industries au Canada. Les consommations d'eau des industries sont estimées à partir de données provenant de deux enquêtes transversales menées par Environnement Canada en 1981 et 1986 et portant sur la consommation d'eau des industries et sur les dépenses qui en découlent. Les fonctions de demande à équation unique sont estimées sous forme bilogarithmique. On a constaté que la tarification de l'eau constitue un facteur important pour déterminer la quantité d'eau consommée par la plupart des industries. L'élasticité de la tarification estimée pour l'eau consommée varie entre -0,500 et -1,202.

Abstract

An econometric analysis is undertaken in order to assess the efficacy of one policy instrument (the price of water) in controlling the quantity of water used by manufacturing firms in Canada. Industrial demands for water are estimated using data from two cross-sectional surveys on manufacturing water use and expenditures conducted by Environment Canada in 1981 and 1986. Single-equation demand functions are estimated in double-log form. The price of water is found to be an important factor in determining the quantity of water used by firms for most industries. Estimated price elasticities for intake water range from -0.500 to -1.202.

CHAPITRE 1

Introduction

Dans le domaine de l'environnement au Canada, les années 1990 seront sans doute remarquables par une recherche de nouvelles façons d'aborder des problèmes, pas nécessairement de rejeter les méthodes classiques, mais de les compléter par l'application de nouvelles notions. Dans le domaine des ressources en eau, une de ces notions, bien qu'elle ne soit pas particulièrement «nouvelle», porte sur l'importance des facteurs économiques, notamment le prix, dans la détermination du niveau d'utilisation des ressources. Bien que dans l'Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux, on ait activement promu la tarification et que cette notion ait trouvé place dans la Politique relative aux eaux, il y a encore beaucoup à faire pour que la tarification des prix fasse intégralement partie des moyens de gestion de l'eau. La recherche fait partie de ce cheminement.

JUSTIFICATION DU RAPPORT

Ce document décrit sommairement les résultats d'une étude portant sur la relation entre l'utilisation de l'eau dans l'industrie et son prix. Les recensements quinquennaux réguliers de la Direction générale des eaux intérieures sur l'utilisation de l'eau dans l'industrie ont notamment comme objectif de recueillir des renseignements sur le coût de l'eau dans les fabriques. La nécessité d'étudier la relation entre le coût et la demande d'eau détermine cet objectif.

Des données économiques sur le coût de l'eau ont été recueillies en 1981 et en 1986. Renzetti (1987) a préparé une analyse des données de 1981 pour le compte de la Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, mais cette étude n'est pas publiée. La compilation des résultats de 1986 étant terminée, et le besoin pour ce type de renseignements étant toujours manifeste, il est approprié de reprendre avec les données de 1986 le travail que Renzetti avait fait avec les données de 1981, et de publier conjointement les deux études. Il importe de noter que les deux relevés ont été traités séparément. Dans des travaux subséquents de recherche, on examinera une analyse intégrée, ou des séries chronologiques, des données.

CONTEXTE

Ce projet est de plein droit un problème de recherche intéressant, mais il touche aussi à plusieurs problèmes courants de gestion des eaux. Le secteur industriel consomme d'énormes quantités d'eau tant comme facteur de production que comme substrat pour l'élimination de déchets. Dans la gestion, l'accent qu'on met actuellement sur le développement durable nous amène à la nécessité de protéger les approvisionnements en eau dans certaines régions et de réduire la charge en déchets ailleurs. Malgré la tendance courante des gestionnaires à procéder par réglementation, il est presque certain que la conservation ainsi que la réduction des déchets échoueront si des mesures encourageantes à caractère économique ne poussent pas à améliorer l'utilisation de l'eau. L'une des premières étapes de l'application de mesures économiques en vue de gérer l'utilisation de l'eau est de s'assurer d'une bonne compréhension des rapports entre l'utilisation et le prix de l'eau; si l'on veut, en termes économiques, il s'agit de la fonction de demande d'eau. Une estimation de la fonction de demande indiquera dans quelle mesure une entreprise ou un secteur industriel réagira à des variations du prix de l'eau (p. ex., par un accroissement de la recirculation d'eau), et apportera des estimations de la valeur que les entreprises attribuent à l'utilisation de l'eau.

La signification de la portée économique de l'utilisation de l'eau sur les infrastructures financées publiquement est une question étroitement liée à ce qui précède. La réduction de la demande sur les infrastructures qui est obtenue par une tarification de l'eau dans l'industrie peut se faire de très nombreuses façons; ici encore, on voit la nécessité de recueillir des données fiables sur les fonctions de demande d'eau. Des progrès technologiques ne se réalisent que s'il existe des facteurs économiques efficaces qui encouragent.

Enfin, comme les demandes de fonds publics augmentent sans cesse (et sont en concurrence), il faut des moyens pour s'assurer que les dépenses apportent des résultats raisonnables. Ici aussi, la tarification de l'eau a sa place car, comme le démontre ce rapport, il existe un rapport entre la tarification et la demande d'eau dans l'industrie, ce qui mène à l'option d'une gestion qui utilise l'ajustement des prix pour agir sur le niveau de la demande.

CHAPITRE 2

Méthodologie

CADRE DE RÉFÉRENCE

De prime abord, il importe de noter que la base de données sur l'utilisation de l'eau à usage industriel, sur laquelle est fondée la présente étude, est très complète dans sa couverture des facteurs économiques et de consommation d'eau en ce qui a trait aux grandes usines canadiennes. Pour les années 1981 et 1986, nous avons des relevés d'utilisation de l'eau dans quelque 10 000 usines (Tate et Scharf, 1986, 1990). Lorsqu'on ajoute à cette base de données les résultats de relevés antérieurs, soit de 1972 et 1976, qui ne contiennent pas de données sur le coût de l'eau, le nombre total de relevés est compris entre 18 000 et 20 000. Bref, à titre de source de données, les relevés sur l'utilisation de l'eau à usage industriel constituent une très riche base de données qui est à peine analysée par la présente étude.

La méthodologie appliquée à la recherche adoptée considère l'eau comme un intrant de la production industrielle. Cette démarche s'inscrit dans une tradition économique bien établie de considérer la productivité comme une fonction des matières premières, du travail et du capital. La partie «matières premières» de cet énoncé général a été largement interprétée comme étant l'utilisation de toutes les ressources naturelles comme facteurs de production. La notion d'épuisement des ressources naturelles peut également être considérée sous l'angle «capital» de cet énoncé. Ainsi chaque entreprise cherche à minimiser ses coûts de production dans ses activités en vue d'atteindre la production prévue. En plus de cette dernière, les plus importants facteurs à s'exercer sur le niveau d'exploitation cherché d'une ressource donnée sont le prix de la ressource, le prix de tous les autres intrants, la structure de la technologie de production de l'entreprise et l'ensemble de la réglementation gouvernementale applicable.

Malgré la grande abondance d'études portant sur la nature de la demande des facteurs de production, il y a très peu de temps que les économistes ont commencé à s'intéresser à la demande d'eau; il y a relativement peu d'études qui ont été faites dans ce domaine. En général, la modélisation et les prévisions de la demande d'eau sont encore fondées sur la notion que l'eau est une exigence de production indispensable qui peut être modélisée efficacement au moyen de coefficients fixes par produit unitaire. L'hypothèse sur l'existence d'une relation fixe entre l'utilisation de l'eau et la production (ou une autre mesure de productivité) ainsi que le peu d'attention apportée au prix de l'eau constituent deux graves lacunes de cette «méthode par coefficients» (Whittington 1978; Tate 1984). Cette méthode diffère considérablement de celle qui est retenue ici, et selon laquelle l'eau répond à une demande qui peut être contrôlée dans une bonne mesure par des dispositions de tarification efficaces de cette ressources (Boland et coll. 1984; Whittington 1978; Kindler et Russell 1984). La méthode utilisée dans cette étude offre l'important avantage d'une hypothèse selon laquelle le prix de l'eau n'influence pas les décisions relatives à l'utilisation de l'eau, et dont la vérification peut se faire par examen direct des données commerciales.

Le manque d'ardeur à considérer des variables économiques, comme le prix, dans le contexte de l'utilisation de l'eau, semble assez évident. Notre perception d'avoir de l'eau en abondance est omniprésente dans toutes les attitudes des Canadiens à l'égard de l'eau, malgré peut-être une récente évolution avec notre nouvelle sensibilisation aux questions d'environnement. Cette perception a ravivé le désir d'appliquer des solutions techniques, orientées sur la gestion des approvisionnements en vue de répondre à des besoins perçus. Ces deux facteurs

ont conduit à l'adoption de politiques de fourniture d'eau à bon marché qui, dans certains secteurs comme le secteur municipal (Tate 1989), ont souvent menacé le processus du renouvellement des infrastructures. Ils ont aussi retardé la recherche et la cueillette de données sur l'utilisation et la tarification de l'eau. De manière encore plus fondamentale, les difficultés associées aux questions de la propriété des ressources en eau ont fait que les fournisseurs (au Canada, les provinces) ne sont pas intéressés essentiellement par les questions de tarification, et que les demandeurs (p. ex., les secteurs industriels) ont surutilisé une ressource bon marché (Pearse 1988; Pearse et Tate 1991).

Compte tenu de ces perceptions et difficultés, la plupart des économistes, pour ne pas mentionner d'autres personnes, étaient sceptiques en matière de modélisation de la demande d'eau au moyen de méthodes économétriques. C'est ainsi que, dans le cadre des Ressources pour l'avenir, Gibbons (1986) affirme

> «qu'en théorie, la demande et la valeur de l'eau à usage industriel pourraient être dérivées des fonctions statistiques de production, mais en pratique, cela semble illusoire (p.49, traduction).»

Toutefois, dans un petit nombre d'études, on a appliqué précisément cette méthode des fonctions de production au cours des 25 dernières années. Les premières études de ce type portaient sur le domaine municipal (c.-à-d., Howe et Linaweaver 1967; Lee 1969; Grima 1972). Dans le secteur industriel, les premières méthodes économétriques ont été élaborées par Rees (1969) et de Rooy (1970). Toutes ces études considéraient l'utilisation de l'eau dans le contexte de la prise de décision à caractère économique par l'entreprise. Toutes portaient sur la question empirique à savoir si l'utilisation de l'eau est sensible au prix. En outre, toutes ont rejeté l'hypothèse nulle d'aucun rapport entre l'utilisation et le prix de l'eau. Dans le contexte des politiques publiques, les résultats de recherches comme ceux-ci, accumulés depuis longtemps, avaient aidé à faire reconnaître, au moins théoriquement, que la tarification de l'eau formerait une part importante des mesures de gestion de l'eau dans le futur (Environnement Canada 1987).

ÉTUDES ANTÉRIEURES

Une première question à envisager brièvement porte sur le prix de l'eau dans l'industrie. En bonne partie, les usines visées ont leur propre réseau d'alimentation en eau et sont donc soustraites à la tarification en fonction de l'offre et de la demande. Une variable de prix doit donc normalement être calculée à partir des résultats sur le coût des différentes fonctions du service d'eau. Ces coûts couvrent les permis provinciaux (le cas échéant), le pompage de l'eau, son pré-traitement, sa recirculation et le traitement des eaux usées. Les coûts sont additionnés et les moyennes sont calculées sur l'ensemble des prélèvements d'eau pour établir la «valeur de remplacement» du prix de l'eau la plus communément utilisée. Cette méthode explique que le coût moyen est le prix produit par les conditions internes qui déterminent la demande et l'approvisionnement d'eau dans une usine. Selon de Rooy (1970) par exemple, cette méthode s'explique

> «puisque le produit est utilisé à l'interne, il n'y a pas lieu de s'occuper de la demande commerciale au sens courant. La demande et l'approvisionnement à l'intérieur des opérations de l'usine seront toujours identiques (p.51, traduction).

Les problèmes de cette méthode sont sommairement décrits ci-dessous.

Rees (1969) a fait un relevé de l'utilisation d'eau dans 230 usines anglaises lors de l'une des premières études économétriques sur la demande d'eau. Dans cette étude, l'auteur appliquait une méthode de régression assez simple pour examiner la qualité du rapport entre le prix de l'eau et l'utilisation de l'eau dans ces usines. Elle a constaté que pour l'ensemble de l'échantillon, le tarif permettait d'expliquer de manière statistiquement significative la variation de l'utilisation de l'eau, mais que souvent, il n'était pas significatif dans le cas d'installations industrielles particulières. En outre, elle a constaté que l'eau n'était pas un facteur crucial dans le choix d'implantation de la plupart des entreprises, les exceptions étant les entreprises qui utilisent de grandes quantités d'eau.

L'étude faite par de Rooy (1970) était l'une des premières en Amérique du Nord à examiner

les fonctions de demande d'eau dans l'industrie. En échantillonnant 30 usines de produits chimiques au New Jersey, de Rooy a calculé des fonctions distinctes de demande d'eau, représentées par des équations simples, pour l'eau utilisée dans le refroidissement, dans les procédés de transformation et dans la production de vapeur. L'utilisation de l'eau constituait la variable dépendante de chaque équation alors que les variables indépendantes se composaient de la production de l'usine, du prix de l'eau (qui avait comme valeur de remplacement le prix moyen de l'eau) et d'une mesure fictive de l'âge des installations. Les estimations d'élasticité des prix[1] variaient entre -0,354 dans le cas de l'eau de traitement et -0,894 dans le cas de l'eau de refroidissement. Le recours au coût moyen de l'eau comme valeur de remplacement du prix (qui, normalement, n'est pas mesurable dans le cas des entreprises ayant leurs propre réseau d'alimentation d'eau) introduisait une source potentielle d'erreurs systématiques pour la simple raison que la quantité demandée se retrouve de chaque côté de l'équation de régression. Dans certaines études subséquentes, on a tenté de régler ce problème de simultanéité.

Grebenstein et Field (1979) ont utilisé les fonctions de coût logarithmiques transcendantales (Berndt et Wood 1975) du secteur manufacturier aux États-Unis pour analyser le rapport à la demande d'eau. Les intrants considérés étaient le capital, la main-d'oeuvre, l'énergie, les matières premières et l'eau. L'ensemble de données transversales était constitué de 50 observations du tarif des intrants à l'échelle de l'État, celui de l'eau prélevée étant remplacé par le coût moyen de l'eau. Dans l'étude, les chercheurs ont fait appel à deux séries différentes de données qui décrivaient le prix de l'eau et, selon l'ensemble de données utilisées, ont calculé que les prélèvements d'eau correspondaient à 1,2 % ou 1,9 % des coûts de fabrication. L'élasticité des prix de la demande était de -0,326 ou -0,80, une fois encore selon l'ensemble de données utilisées. On note avec intérêt que l'étude mène à la constatation que l'eau et la main-d'oeuvre peuvent se substituer l'une à l'autre dans le procédé de production alors que l'eau et le capital sont complémentaires. Cette dernière constatation s'explique car l'eau et le capital forment des faisceaux d'intrants dans bon nombre de procédés industriels. À l'intérieur de chaque faisceau, l'eau et le capital peuvent être substitués l'un à l'autre, mais si le prix d'un autre intrant varie, le capital et l'eau varient dans le même sens vers un nouveau point d'équilibre, et c'est ce qui explique la complémentarité.

Babin, Willis et Allen (1982) ont appliqué une méthode semblable, mais avec un ensemble de données davantage désagrégé, afin de calculer les fonctions logarithmiques transcendantales de coût au niveau de deux chiffres de la classification industrielle normalisée pour le secteur manufacturier américain. Dans cette étude, on avait appliqué les observations à l'échelle de l'État sur les prix des facteurs de 1973 (ici encore, en utilisant le coût moyen de l'eau comme valeur de remplacement du prix). La part occupée par le coût de l'eau variait entre 0,21 % (métaux usinés) et 7,9 % (produits chimiques), alors que l'élasticité des prix variait entre 0 (aliments, machinerie, produits électriques) et -0,66 (papier et produits connexes). La même complémentarité entre l'eau et le capital qui avait été observée par Grebenstein et Field (1979) a été observée à nouveau dans le cas du papier et des produits connexes, des métaux usinés et des minéraux ainsi que dans le cas d'une régression groupée de toutes les activités manufacturières. On a trouvé dans cette étude que l'eau et le capital pouvaient se substituer l'un à l'autre dans les secteurs des produits électriques et de l'alimentation.

Renzetti (1986) a analysé 372 observations faites dans des usines et portant sur l'utilisation de l'eau ainsi que les dépenses liées à l'eau dans des entreprises manufacturières de Colombie-Britannique. Les données proviennent de l'ensemble de 1981 qui est analysé dans le présent document. Ce chercheur a estimé les équations de demande d'eau prélevée sous la forme d'équations simples et d'équations multiples (les équations correspondant respectivement au prélèvement d'eau, au traitement de l'eau avant l'utilisation, à la recirculation de l'eau ainsi qu'au traitement de l'eau avant le rejet). Le problème créé par l'application du coût moyen

[1] L'élasticité des prix décrit la relation entre les variations de la demande d'eau qui résultent des variations du prix de l'eau. De manière formelle, l'élasticité des prix est égale à la variation en pourcentage de la quantité demandée divisée par la variation en pourcentage du prix. Dans la plupart des cas, l'élasticité des prix est négative; en cela, elle indique la réaction en sens inverse de la quantité demandée par rapport aux variations de prix.

comme valeur de remplacement du prix (voir plus haut) a été réglé par l'application d'une variable instrumentale conformément à une procédure décrite par Jones et Morris (1984). La variable instrumentale a été établie à partir des structures tarifaires de l'eau imposées aux entreprises. Dans cette étude, il a été constaté que le niveau de consommation industrielle variait en proportion inverse du prix de l'eau prélevée et des coûts de recirculation de l'eau, et variait directement avec le niveau de production des entreprises.

Une étude de Ziegler et Bell (1984) a porté sur l'utilisation du coût moyen ainsi que du coût marginal comme valeurs de remplacement du prix de l'eau. Ces chercheurs rapportent que même si

> «l'utilisation du coût moyen a donné des fonctions de demande bien ajustées sur le plan statistique, il demeure néanmoins la possibilité que la substitution du prix par d'autres mesures qui sont davantage appropriées sur le plan théorique, pourrait améliorer les estimations de manière significative, tant sur le plan conceptuel que sur le plan théorique... La théorie économique de l'entreprise laisse prévoir que les entreprises utiliseront des facteurs de production fondés sur des considérations de contributions marginales par rapport aux revenus, relativement à des contributions marginales par rapport aux coûts... Les entreprises qui s'alimentent en eau par leur propre moyen n'achètent pas l'eau sur un marché concurrentiel, et si elles consomment effectivement l'eau en fonction de considérations marginales, il est possible que la substitution au coût moyen d'une variable de coût marginale puisse conduire à de meilleures estimations de la demande d'eau (p.4, tradution)».

Ziegler et Bell ont pris les données de 23 grands utilisateurs d'eau de l'Arkansas pour comparer l'efficacité relative de l'application de coûts moyens ou de coûts marginaux. Les coûts marginaux ont été estimés par régression des coûts totaux du prélèvement d'eau contre le carré de la quantité d'eau prélevée, et par calcul de la dérivée première de la fonction résultante. Ensuite, les ensembles de données sur le coût moyen ainsi que sur le coût marginal ont servi à une analyse de régression pour justifier le niveau de la demande d'eau. Ziegler et Bell sont parvenus à la conclusion que les demandes industrielles d'eau sont sensibles au prix et que le coût moyen conduit à une meilleure estimation que le prix véritable, mais inconnu de l'eau.

Renzetti (1987) a eu recours à l'approche de Ziegler et Bell (1984) pour tenter d'estimer les valeurs de remplacement des coûts moyens et marginaux d'utilisation de l'eau à usage industriel. L'objectif cherché est d'annuler l'erreur systématique occasionnée par la simultanéité et qui est inhérente à l'utilisation du coût moyen de l'eau d'une entreprise comme valeur de remplacement du prix de l'eau. Dans cette méthode, on fait une régression du prélèvement total d'eau contre le coût total de l'eau et le carré du coût total de l'eau. L'équation est présentée dans sa forme fonctionnelle précise à la section sources de données et méthodes d'analyse ci-après. Renzetti a constaté que les équations de régression obtenues n'étaient généralement pas efficaces en termes de signification statistique; cela a mené l'auteur à la conclusion, indiquée dans Renzetti (1987), que la méthode de Ziegler-Bell n'était pas plus efficace que la méthode du coût moyen, plus simple, pour minimiser l'erreur systématique associée à la simultanéité. Ainsi, la méthode a été utilisée (Renzetti 1987) «pour comprendre mieux le rapport entre l'utilisation de l'eau et les dépenses.» Ce raisonnement sous-tend la partie suivante du présent rapport. Dans des travaux subséquents, Renzetti (1988) a recours à des données davantage agrégées ainsi qu'à une technique d'estimation par la méthode des moindres carrés à deux échelons. Cette dernière exige l'application d'une variable instrumentale pour remplacer le prix de l'eau et pour éliminer l'erreur systématique causée par la simultanéité, celle-ci étant associée aux estimations de la demande où le prix est une fonction de la quantité. Cet instrument est établi à partir des grilles tarifaires (non-linéaires) pour l'eau dans l'industrie qui sont calculées par les services municipaux d'approvisionnement en eau.

Les caractéristiques communes des études dont un aperçu est dans cette section peuvent être résumées ainsi : la tentative d'incorporer l'eau dans un cadre économique de prise de décision dans l'entreprise; la question empirique de la sensibilité de l'utilisation d'eau dans l'industrie aux variations de prix; et le rejet de l'hypothèse à l'effet que les demandes d'eau dans l'industrie

sont insensibles au prix de l'eau. Les limites de ces études sont les suivantes : la définition imprécise de la variable du prix, une carence de valeurs observées pour décrire les prix des facteurs de production autres que l'eau et l'incapacité de dériver de manière explicite, à partir d'un modèle d'optimisation du comportement des entreprises, la forme de l'équation de la demande estimée (Renzetti 1988 sur ce dernier point).

APERÇU DES MODÈLES D'ESTIMATION

Cette étude, évalue les fonctions de demande d'eau et de coût de l'eau dans les principaux secteurs industriels du Canada, au niveau national comme au niveau provincial. Ce rapport inclut les travaux de Renzetti (1987) avec des données de 1981 ainsi qu'une mise à jour de ces résultats (non publiés) à la lumière des données de 1986.

L'étude, dans laquelle on a utilisé des méthodes de régression linéaire, prend comme hypothèse que les entreprises minimisent les coûts et qu'elles choisissent les combinaisons de facteurs de production de manière à atteindre cet objectif. Dans cette optique, la demande d'un facteur de production donné (p. ex., l'eau), dans une entreprise, dépend du prix de cette variable, du prix des autres variables ainsi que du taux de production. Les relevés d'Environnement Canada en 1981 et en 1986 sur l'utilisation de l'eau dans l'industrie constituent la principale source de données de cette étude. Ces enquêtes n'indiquent pas le prix des facteurs de production autres que l'eau, et c'est pourquoi, la présente analyse exclut le prix de ces autres facteurs de production. Par conséquent, on prend comme hypothèse que l'utilisation de l'eau est séparable[2] dans une large mesure des autres facteurs de production; il est supposé, en outre, qu'il est possible d'estimer les fonctions de demande d'eau indépendamment des demandes d'autres facteurs de production.

[2] La notion de séparabilité fait appel à la structure technologique de l'entreprise et à la façon dont l'utilisation d'un facteur de production dépend du niveau des autres facteurs. À supposer que cette hypothèse de la séparabilité est imprécise, alors les coefficients de la fonction estimée peuvent comporter des erreurs systématiques attribuables à l'omission de variables descriptives appropriées (p. ex., le coût des immobilisations).

Fonctions de demande d'eau dans l'industrie

Deux modèles fondamentaux ont été calculés à partir de différents sous-ensembles constitués dans les bases de données de 1981 et 1986. Dans le premier type, on pratique une régression de la quantité d'eau prélevée sur le prix (c.-à-d. le coût moyen) de l'eau prélevée, et sur une mesure de la production de l'usine. Sur le plan mathématique, l'équation (1) représente ce modèle simple de fonction de la demande. Ce modèle a été calculé selon (a) chaque niveau à deux chiffres de la classification-type des industries à l'échelle nationale, (b) chaque niveau à trois chiffres de la classification-type des industries à l'échelle nationale, et (c) chaque niveau à deux chiffres de la classification-type des industries à l'échelle provinciale.

$$\ln(Q_{in}) = a_0 + a_1\ln(P_{in}) + a_2\ln(X) + e \qquad (1)$$

où : ln = logarithme naturel

P_{in} = coût moyen du prélèvement d'eau

Q_{in} = quantité d'eau prélevée à l'usine

X = mesure de production de l'usine pour 1981, nombre total d'employés-heures travaillées pour 1986, valeur totale des envois

$a_{0,1}$ = coefficients de l'équation de régression

e = résidus

Dans une variation mineure de l'équation (1), on pratique une régression de la quantité totale d'eau utilisée (c.-à-d. la somme de l'eau prélevée et de l'eau recirculée) sur le coût moyen total de l'eau pour l'entreprise (c.-à-d. la somme des coûts totaux du prélèvement d'eau, du traitement avant l'usage, de la recirculation et du rejet, divisée par la consommation totale d'eau) et une mesure du rendement, comme suit :

$$\ln(Q_{gross}) = a_3 + a_4\ln(P_{tot}) + \ln(X) + e \qquad (2)$$

où : P_{tot} = coût moyen total de l'eau pour l'entreprise

Q_{gross} = quantité totale d'eau utilisée à l'usine

$a_{3,4}$ = coefficients de l'équation de régression

e = résidus

L'équation (2) a été calculée au niveau à deux chiffres de la classification-type, à l'échelle nationale.

Dans le deuxième modèle de demande, on fait une régression du prélèvement d'eau contre le prix implicite de quatre éléments qui se rapportent à l'eau, encore mesurés par le coût moyen. Ce modèle de l'équation (3) a été étalonné pour les groupes de la classification-type au niveau à deux chiffres, à l'échelle nationale.

$$\ln(Q_{in}) = a_5 + a_6\ln(P_{in}) + a_7\ln(P_{trt}) + a_8\ln(P_{rcr}) + a_9\ln(P_{dis}) + a_{10}\ln(X) + e \quad (3)$$

où : P_{trt} = coût moyen d'E.-E. pour le traitement de l'eau avant utilisation

P_{rcr} = coût moyen d'E.-E. pour la recirculation

P_{dis} = coût moyen d'E.-E. pour le traitement des eaux usées

$a_{5..10}$ = coefficients de l'équation de régression

e = résidus

Toutes les fonctions de demande ont été estimées sous forme bilogarithmique. C'est la forme la plus usitée dans ce type d'étude. En 1981, la mesure de la production des usines était le nombre d'employés-heures travaillées, alors qu'en 1986, par suite d'améliorations apportées à la cueillette des données, la mesure était la valeur des envois. L'utilisation du coût moyen comme valeur de remplacement du prix peut introduire une certaine erreur systématique attribuable à la simultanéité car une mesure de la quantité de l'eau (variable dépendante) est utilisée implicitement pour calculer les valeurs de remplacement du prix. Tout en étant conscient de ce problème, on n'a pas les ressources disponibles suffisantes pour le régler dans le cadre de ce projet. Cette question appelle de nouvelles recherches. Il faut aller consulter Renzetti (1986, 1988), qui a étudié le problème de l'erreur systématique associée à la simultanéité au moyen d'une procédure d'estimation par variables instrumentales.

Sources de données et méthodes d'analyse

Pour 1981 comme pour 1986, la source principale de données provenait des relevés de la Direction générale des eaux intérieures (DGEI) sur l'utilisation de l'eau dans l'industrie (Tate et Scharf 1985, 1990). Il a été déjà mentionné que chaque relevé porte sur environ 5 000 usines. Ces relevés portaient sur l'obtention de données relatives à l'utilisation de l'eau dans les usines, aux coûts associés à l'eau, à la main-d'oeuvre ainsi qu'à la nature des produits. En 1981, les données sur les dépenses ont été complétées par les fichiers de la DGEI sur les tarifs municipaux des services d'aqueduc, ce qui a accru de quelque 15% le nombre d'usines considérées dans l'analyse. L'ensemble des données de 1986 ne comprenait que les usines pour lesquelles les données étaient complètes; on n'a pas tenté d'élargir la banque de données par le recours à des sources extérieures. L'analyse s'est faite par groupes aux niveaux à deux et trois chiffres; on tient compte implicitement de ces groupes dans les tableaux du chapitre 3. Dans quelques cas, Renzetti (1988) a formé des groupes d'activité industrielle afin d'obtenir un nombre suffisant de mesures pour pouvoir appliquer ses équations de régression. Cette procédure a le plus servi dans les analyses à l'échelle provinciale. Elle n'a pas été appliquée en 1986.

Le programme informatisé d'économétrique, SHAZAM (White 1978) a été appliqué à l'estimation des analyses de régression linéaire dans le document. Toutes les équations de demande ont été estimées par la méthode classique des moindres carrés avec une correction pour les erreurs hétéroscédastiques. Les différences d'échelle des opérations industrielles qu'on observe dans l'ensemble de données sont à l'origine des erreurs non normales. À la suite des transformations logarithmiques nécessitées par la présente analyse, les usines dont les résultats ont été incorporés dans les fonctions de demande d'eau sont celles qui contenaient des valeurs non nulles au poste des coûts en eau. Cette restriction n'existait pas avec les fonctions de coût d'eau qui étaient alimentées par des données non transformées, comme il a été expliqué précédemment. Cependant, un coût nul associé à une utilisation

non nulle de l'eau, peu importe la catégorie, était jugé être invraisemblable, et était traité comme une valeur manquante dans cette catégorie.

CHAPITRE 3

Résultats d'analyse

VUE D'ENSEMBLE DE LA DEMANDE ET DU COÛT DE L'EAU DANS L'INDUSTRIE

Afin de situer la question de la demande de l'eau dans l'industrie, les tableaux 1 et 2 donnent un aperçu des résultats obtenus dans le secteur manufacturier à partir des relevés de l'utilisation de l'eau dans l'industrie en 1986 et en 1981. (Dans les tableaux 1 à 4, les chiffres des données proviennent du tableaux complets des relevés, leur total pourrait être inexact parce que ces chiffres ont été arrondies à l'occasion). En 1986, les usines ont prélevé 7 984 millions de mètres cubes d'eau dans des plans d'eau (tableau 1) et ont atteint une consommation totale d'eau qui se chiffre à 15 796 millions de mètres cubes. Cela signifie que 7 813 millions de mètres cubes d'eau ont été recirculés dans les usines visées par le relevé. En d'autres mots, la recirculation a permis de doubler les approvisionnements en eau dans l'industrie. La consommation d'eau a été de 405 millions de mètres cubes, soit environ 5,1 % des prélèvements totaux, alors qu'environ 7 579 millions de mètres cubes ont été rejetés dans les plans d'eau. Le taux de consommation sans rejet[3] de 5,1 % n'a presque pas varié par rapport à 1981, alors qu'il était à 5,0 %.

Les résultats du relevé de 1986 décrivent une situation différente, et intéressante, de celle de 1981; c'est que la consommation totale d'ensemble de l'eau ainsi que les prélèvements d'eau ont diminué de 24 % et de 20 %, respectivement. On est tenté de supposer que l'industrie a appris à réutiliser l'eau de manière plus efficace entre les deux relevés. Cependant, le taux de consommation[4], l'indicateur classique de la réutilisation de l'eau, a marqué un recul de 12 %. La réponse ne se trouve pas, non plus, dans des changements qui seraient observés au niveau de l'activité du secteur manufacturier puisque l'emploi dans les usines qui ont fait l'objet du relevé a augmenté de 4 %, soit de 795 000 à 830 000 emplois (quoique la plupart des nouveaux emplois ont été créés dans le secteur des services qui est généralement un faible consommateur d'eau). Peut-être l'explication se trouve-t-elle dans l'augmentation des prix réels de l'eau que doit payer le secteur industriel, comme il est indiqué de manière limitée dans le paragraphe suivant quoique cette augmentation ne suffit pas pour expliquer la baisse des prélèvements. Bref, la baisse de la consommation de l'eau demeure inexpliquée, mais il est à noter que l'efficacité de l'utilisation de l'eau par produit unitaire s'est apparemment accrue.

En 1986, les dépenses rapportées dans le secteur manufacturier et qui avaient trait à l'eau et aux immobilisations qui ont un rapport avec l'utilisation de l'eau, ont atteint 481 millions de dollars (tableau 3). Nominalement, il s'agit d'une augmentation de 37 % par rapport au total de 1981, soit 351 millions de dollars (tableau 4). En termes réels, les dépenses ont augmenté d'environ 12 % au cours de cette période. En 1981 comme en 1986, l'achat de l'eau constituait le principal coût en rapport avec l'eau. Ce coût prenait la forme de paiements remis à des services publics, de dépenses internes d'exploitation et d'entretien et, en 1986 seulement, du versement de droits pour l'octroi de licences provinciales

[3] Le taux de consommation sans rejet est un indice de la consommation d'eau par une usine ou par un secteur industriel. Il est calculé comme suit :

$$\frac{(\textit{prélèvement} - \textit{rejet}) \times 100\ \%}{\textit{prélèvement}}$$

[4] C.-à-d. la consommation totale d'eau divisée par les prélèvements totaux d'eau multipliés par 100 %.

Tableau 1

Utilisation de l'eau par les secteurs manufacturiers canadiens, 1986 (millions de mètres cubes)

Secteur industriel	Prélèvements totaux	Recirculation	Utilisation totale*	Consommation†	Rejet total
Aliments	564	148	712	24	540
Boissons	63	107	169	12	51
Produits du caoutchouc	23	67	90	2	21
Produits du plastique	30	66	96	3	27
Textiles primaires	95	30	125	2	93
Produits du textile	13	12	25	2	11
Produits du bois	56	8	64	2	54
Papiers et produits connexes	3 029	2 979	6 008	200	2 829
Métaux primaires	1 718	1 350	3 068	43	1 675
Fabrication à partir de métaux	25	114	139	1	24
Équipements de transport	117	237	354	4	114
Produits minéraux non métalliques	90	70	160	18	72
Pétrole raffiné et charbon	487	1 068	1 555	33	454
Composés et produits chimiques	1 674	1 558	3 232	59	1 615
Total	7 984	7 813	15 796	405	7 579

Source: Tate et Scharf (1991).
*Utilisation totale = Prélèvements + recirculation.
†Consommation = prélèvements - rejets.

Tableau 2

Utilisation de l'eau par les secteurs manufacturiers canadiens, 1981 (millions de mètres cubes)

Secteur industriel	Prélèvements totaux	Recirculation	Utilisation totale*	Consommation†	Rejet total
Aliments et boissons	430	117	547	31	399
Caoutchouc et plastiques	54	744	798	7	47
Textiles	124	50	174	6	118
Produits du bois	73	57	130	4	69
Papiers et produits connexes	2 899	4 612	7 511	159	2 740
Métaux primaires	2 719	1 692	4 411	38	2 681
Fabrication à partir de métaux	30	130	160	1	29
Équipements de transport	109	73	182	3	106
Produits minéraux non métalliques	83	530	613	15	68
Pétrole et charbon	563	1 457	2 020	34	529
Composés et produits chimiques	2 853	1 284	4 137	197	2 656
Total	9 936	10 747	20 683	494	9 442

Source: Tate et Scharf (1985).
*Recirculation = utilisation totale d'eau - prélèvements totaux.
†Consommation = prélèvements totaux - rejets.

Tableau 3

Coût de l'eau par élément de coût, fabrication, 1986 (milliers de dollars)

Secteur industriel	Acquisition de l'eau	Traitement de l'eau prélevée	Recirculation	Traitement des rejets	Total
Aliments	30 308	4 375	4 811	6 516	46 010
Boissons	9 836	2 449	759	504	13 548
Caoutchouc	1 819	766	759	504	3 455
Plastiques	2 516	515	1 162	261	4 454
Textiles primaires	3 007	1 355	441	777	5 580
Produits du textile	2 113	350	226	77	2 766
Produits du bois	2 603	309	265	81	3 258
Papiers et produits connexes	22 700	20 338	8 400	38 058	89 406
Métaux primaires	100 757	9 857	26 960	33 746	171 320
Fabrication à partir de métaux	3 949	583	625	3 125	8 282
Équipements de transport	13 908	2 650	2 503	12 106	31 167
Produits minéraux non métalliques	5 761	825	1 685	490	8 761
Pétrole raffiné et charbon	6 347	6 157	3 685	8 744	24 933
Composés et produits chimiques	22 899	18 429	14 892	12 067	68 287
Total	228 424	68 958	67 160	116 673	481 215

Tableau 4

Coût de l'eau par élément de coût, fabrication, 1981 (milliers de dollars)

Secteur industriel	Acquisition de l'eau	Traitement de l'eau prélevée	Recirculation	Traitement des rejets	Total
Aliments et boissons	26 978	6 046	3 461	6 480	42 965
Caoutchouc et plastiques	3 691	1 058	1 990	649	7 388
Textiles	3 764	1 628	386	635	6 413
Produits du bois	1 846	446	376	379	3 047
Papiers et produits connexes	14 554	35 209	7 326	52 519	109 608
Métaux primaires	16 181	9 168	3 950	11 680	40 979
Fabrication à partir de métaux	2 882	331	854	1 933	6 000
Équipements de transport	8 061	1 226	1 491	7 330	18 018
Produits minéraux non métalliques	4 840	877	1 543	447	7 707
Produits du pétrole et du charbon	4 873	6 123	5 606	11 598	28 200
Composés et produits chimiques	21 237	24 044	19 438	15 850	80 569
Total	108 908	86 156	46 422	108 498	350 984

Source: Tate et Scharf (1985).

qui se sont chiffrés à 410 millions de dollars. Les dépenses associées au traitement des eaux usées représentaient une part importante des coûts au cours des deux années de relevé. La majeure partie de la hausse du coût de l'eau dans l'intervalle de deux ans a été subie avant tout par le secteur primaire des métaux, qui est passé de la quatrième à la première position. Aucune explication de ce changement ne sera donnée ici.

FONCTIONS DE DEMANDE D'EAU DANS L'INDUSTRIE

Prélèvement d'eau à l'échelle nationale

L'analyse a commencé par des estimations faites au plus haut niveau d'agrégation, soit le niveau national à deux chiffres de la classification des activités économiques; les estimations prenaient seulement le prix de l'eau prélevée (P_{in}), et les mesures de la production des usines (Q) comme variables indépendantes. Les fonctions de demande d'eau prélevée ont été estimées au moyen de la méthode classique des moindres carrés sous forme bilogarithmique, où le logarithme naturel de la quantité d'eau prélevée est la variable dépendante. Dans les tableaux présentés ici, les chiffres donnés entre parenthèses sont les valeurs du rapport t; à côté de chaque coefficient des équations, on donne les rapports de F et les rapports de R^2 ajustés, ainsi que les degrés de liberté associés au rapport t.

Les résultats obtenus à la fin de cette première analyse (tableaux 5 et 6) sont tout à fait satisfaisants comme on le voit aux signes des coefficients des équations, et aux rapports de t et de F. Toutes les valeurs de F des deux années sont significatives à plus du niveau de 1 %, tout comme les rapports de t sur les coefficients de prix et de la production. Les rapports R^2 ajustés montrent que cette forme simple de fonction de demande d'eau permet de justifier jusqu'à 85 % de la variance totale de prélèvement d'eau dans l'industrie. (Les valeurs de R^2 rapportées dans toutes les tables sont des valeurs de R^2 ajustées[5]). De 1981 à 1986, le nombre de groupes incorporés dans l'analyse est passé de 11 à 14 alors que les secteurs des aliments et des boissons, du caoutchouc et des plastiques ainsi que du textile ont chacun été découpé dans le cadre d'une révision du système de classification. Ce changement, combiné à une mesure révisée de la variable de production, a légèrement amélioré la mesure de R^2 de la plupart de ces secteurs industriels et l'a amélioré de plus de 10 % dans six des groupes. Afin d'améliorer davantage les mesures de R^2, il aurait fallu inclure d'autres sources de variation (p. ex., la vétusté des installations, les niveaux technologiques, les combinaisons produit-procédé).

Comme prévu, les signes pris par les variables de prix sont uniformément négatifs; cela est indicatif d'une relation inverse entre le prix et la quantité d'eau prélevée. Les signes positifs des coefficients de production sont indicatifs de la variation directe attendue du prélèvement en fonction de la production des usines.

La forme bi-logarithmique des estimations signifie que le coefficient de la variable du prix mesure l'élasticité du prix de la demande d'eau (qu'on suppose être constante). Le fait que les valeurs absolues prises par ces élasticités se situent entre 0 et 1 vient confirmer les résultats d'études antérieures. Les élasticités dans le cas de certains utilisateurs très importants d'eau (p. ex., les secteurs du papier et produits connexes, le secteur primaire des métaux) sont relativement fortes; cela indique que des augmentations du prix de l'eau auraient un effet substantiel sur la demande d'eau. Cette observation est conforme à la théorie économique qui prévoit que l'ordre de grandeur absolu de l'élasticité de la demande s'accroît à mesure que s'accroît la part d'un facteur de production dans les coûts totaux. Dans un cas (c.-à-d. le pétrole raffiné et le charbon en 1986), l'élasticité des prix est supérieure à 1; cela indique qu'une augmentation donnée du prix exprimée en pourcentage des prix conduirait, en moyenne, à un changement de la demande d'eau prélevée supérieur à ce que serait un changement proportionnel. Cette constatation est inhabituelle dans le cas de la demande d'eau dans l'industrie.

Non seulement les élasticités des prix se révèlent-elles être très significatives sur le plan statistique, mais elles paraissent avoir augmenté au cours des cinq ans d'étude. Par convention, la demande d'eau était liée au caractère du stock

[5] Les niveaux de signification apparemment élevés peuvent être attribuables à la définition du terme du prix dans cette étude. Définir le prix en termes de dépenses moyennes signifie que la quantité d'eau sera considérée dans la régression des deux côtés de l'équation; cela conduit à la possibilité de valeurs artificiellement fortes de F et de R^2.

Tableau 5

Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1986

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
Aliments (10)	1.701 (1.750)	-0.562 (-8.965)	0.527 (8.970)	0.426	95.8	255
Boissons (11)	-4.499 (-3.281)	-0.570 (-3.868)	0.925 (10.974)	0.756	80.0	51
Produits du caoutchouc (15)	-4.070 (-1.430)	-0.557 (-2.747)	0.896 (5.186)	0.639	20.4	22
Produits du plastique (16)	4.588 (2.139)	-0.600 (-4.047)	0.316 (2.393)	0.205	10.8	76
Textiles primaires (18)	-6.453 (-2.458)	-0.697 (-4.326)	1.024 (6.249)	0.756	48.9	31
Produits du textile (19)	-3.186 (-0.676)	-0.683 (-1.482)	0.837 (3.095)	0.372	5.5	15
Produits du bois (25)	-2.609 (-0.883)	-0.912 (-8.987)	0.700 (3.938)	0.688	56.1	50
Papiers et produits connexes (27)	-8.723 (-4.317)	-0.702 (-9.389)	1.166 (9.504)	0.846	256.9	93
Métaux primaires (29)	-6.557 (-4.090)	-0.769 (-6.475)	1.026 (10.486)	0.760	132.4	83
Fabrication à partir de métaux (30)	0.929 (0.625)	-0.795 (-5.118)	0.536 (5.886)	0.372	31.2	102
Équipements de transport (32)	-0.352 (-0.249)	-0.704 (-5.130)	0.621 (7.414)	0.542	56.1	93
Produits minéraux non métalliques (35)	-7.440 (-5.634)	-0.690 (-11.596)	1.060 (12.751)	0.797	211.0	107
Pétrole raffiné et charbon (36)	-10.513 (-1.466)	-1.202 (-4.234)	1.134 (3.044)	0.762	18.6	11
Composés et produits chimiques (37)	-1.484 (-1.074)	-0.877 (-12.015)	0.703 (8.253)	0.648	143.4	155

Note: Toutes les équations sont supérieures au niveau de signification statistique de 1%.

de capital fixe d'une entreprise, et elle était donc relativement insensible aux prix de facteurs de production (mineurs) comme l'eau. Les accroissements observés de l'élasticité des prix peuvent indiquer l'importance croissante de l'utilisation de ressources environnementales précédemment «gratuites». Cela peut aussi résulter de l'augmentation des dépenses réelles dont il est question plus haut. À mesure que les directeurs d'usine consacrent des sommes de plus en plus élevées à leurs approvisionnements en eau, ils utiliseront de plus en plus la conservation de l'eau comme moyen de réduire les dépenses.

Tableau 6

Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
Aliments et boissons (10)	4.463 (13.21)	-0.579 (-15.93)	0.468 (16.91)	0.463	308.2	711
Caoutchouc et plastiques (16)	6.979 (8.799)	-0.359 (-6.131)	0.214 (3.494)	0.215	27.6	193
Produits du textile (18)	5.648 (5.501)	-0.508 (-5.783)	0.383 (5.044)	0.407	34.3	95
Produits du bois (25)	-2.806 (-1.310)	-0.378 (-3.327)	0.951 (5.678)	0.517	24.5	42
Papiers et produits connexes (27)	-9.266 (-7.187)	-0.229 (-6.536)	1.551 (16.25)	0.793	270.3	139
Métaux primaires (29)	-4.224 (-3.962)	-0.270 (-4.797)	1.174 (13.29)	0.775	182.2	103
Fabrication à partir de métaux (30)	3.429 (3.428)	-0.292 (-4.097)	0.535 (6.599)	0.313	35.0	147
Équipements de transport (32)	4.638 (6.961)	-0.460 (-4.682)	0.419 (8.145)	0.440	64.0	158
Produits minéraux non métalliques (35)	2.432 (5.193)	-0.564 (-9.141)	0.597 (15.15)	0.660	201.5	205
Pétrole raffiné et charbon (36)	-3.841 (-2.71)	-0.179 (-2.271)	1.262 (9.627)	0.752	57.1	35
Composés et produits chimiques (37)	0.173 (0.233)	-0.148 (-10.68)	0.840 (13.78)	0.617	234.0	287

Note: Toutes les équations sont supérieures au niveau de signification statistique de 1%.

Consommation totale de l'eau à l'échelle nationale

Les tableaux 7 et 8 font état (pour 1986 et 1981) des résultats d'une seconde analyse qui vise à déterminer les fonctions de demande d'eau dans les différents secteurs industriels canadiens. Contrairement aux équations des tableaux 5 et 6, cet ensemble d'équations traite la consommation totale d'eau (c.-à-d. la somme de l'eau prélevée et de l'eau recirculée) comme une fonction du coût total de l'eau (c.-à-d. les dépenses engagées pour le prélèvement, le prétraitement et la recirculation de l'eau, ainsi que le traitement des eaux usées). D'une certaine manière, cette analyse a une portée plus vaste que l'autre, de par sa nature, en ce qu'il établit une relation entre la consommation totale d'eau par les secteurs industriels et les coûts moyens (totaux) d'eau plutôt que d'examiner la relation entre le volume de prélèvement et le prix.

Sauf deux exceptions (le bois et le métal usiné) en 1986, la valeur ajustée de R^2 s'est améliorée dans cette seconde analyse, dans certains cas par plus de 20 %. Cela pourrait signifier que

Tableau 7

Équations de la demande totale d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1986

(Équation estimée: $\ln(Q_{eau}) = a_3 + a_4\ln(P_{eau}) + a_5\ln(C_i) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_{eau})$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
Aliments (10)	1.296 (1.271)	-0.877 (-11.750)	0.546 (8.852)	0.504	130.7	255
Boissons (11)	-3.514 (-2.329)	-0.891 (-7.833)	0.866 (9.307)	0.801	103.7	51
Produits du caoutchouc (15)	-4.528 (-1.594)	-0.845 (-4.188)	0.924 (5.149)	0.781	40.2	22
Produits du plastique (16)	3.615 (1.628)	-0.805 (-7.028)	0.393 (2.845)	0.445	31.5	76
Textiles primaires (18)	-8.39 (-3.028)	-0.899 (-4.581)	1.144 (6.551)	0.789	59.0	31
Produits du textile (19)	-1.963 (-0.471)	-1.13 (-4.738)	0.761 (3.171)	0.617	13.1	15
Produits du bois (25)	-2.589 (-0.744)	-0.898 (-7.548)	0.724 (3.444)	0.628	43.2	50
Papiers et produits connexes (27)	-9.536 (-5.174)	-0.981 (-11.728)	1.225 (11.011)	0.871	314.7	93
Métaux primaires (29)	-7.725 (-4.838)	-0.776 (-6.813)	1.129 (11.642)	0.775	143.7	83
Fabrication à partir de métaux (30)	0.539 (0.315)	-0.493 (-3.229)	0.601 (5.746)	0.288	21.6	102
Équipements de transport (32)	-2.639 (-1.555)	-0.824 (-6.764)	0.774 (7.848)	0.575	63.8	93
Produits minéraux non métalliques (35)	-9.302 (-6.395)	-0.781 (-11.413)	1.186 (12.963)	0.798	211.9	107
Pétrole raffiné et charbon (36)	-6.25 (-1.174)	-1.162 (-7.635)	0.986 (3.543)	0.913	59.3	11
Composés et produits chimiques (37)	-3.07 (-2.027)	-1.048 (-13.605)	0.829 (8.879)	0.702	183.4	155

Note: Toutes les équations sont supérieures au niveau de signification statistique de 1%.

la seconde analyse est substantiellement supérieure à la première pour expliquer la variation de la consommation de l'eau. Comme il a été indiqué plus tôt, cela peut s'attribuer en partie à la spécification différente de la variable de production des usines. Dans un cas, les produits raffinés de pétrole et le charbon, l'équation permet d'expliquer plus de 90 % de la variance observée dans la consommation totale d'eau. Les valeurs de F sont toutes très fortement significatives sur le plan statistique; cette constatation a d'importantes incidences sur le plan des politiques, comme on verra plus loin.

Tableau 8

Équations de la demande totale d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, résultats nationaux, à deux chiffres, 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_{eau}) = a_0 + a_1\ln(P_{eau}) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_{eau})$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Aliments et boissons (10)	4.236 (12.33)	-0.678 (17.98)	0.497 (17.67)	0.511	373.2	711
Caoutchouc et plastiques (16)	5.370 (7.949)	-0.915 (-14.77)	0.327 (6.100)	0.613	149.3	185
Produits du textile (18)	5.754 (5.539)	-0.838 (-7.409)	0.348 (4.419)	0.499	48.7	94
Produits du bois (25)	-2.278 (-2.279)	-0.727 (-5.366)	0.906 (5.841)	0.636	38.5	41
Papiers et produits connexes (27)	-8.259 (-6.304)	-0.635 (-9.775)	1.437 (14.44)	0.836	332.6	128
Métaux primaires (29)	-2.916 (-2.584)	-0.469 (-6.394)	1.081 (12.02)	0.813	222.6	100
Fabrication à partir de métaux (30)	3.311 (3.332)	0.882 (-9.389)	0.503 (6.176)	0.524	80.8	143
Équipements de transport (32)	4.421 (5.532)	-0.708 (-5.759)	0.443 (7.136)	0.431	61.3	157
Produits minéraux non métalliques (35)	1.358 (2.371)	-0.666 (-10.87)	0.699 (14.52)	0.681	221.5	205
Pétrole raffiné et charbon (36)	-6.938 (-3.242)	-0.425 (-3.672)	1.521 (9.489)	0.852	98.6	32
Composés et produits chimiques (37)	-0.696 (-1.002)	-1.059 (-17.79)	0.867 (15.23)	0.739	391.9	280

Note: Toutes les équations sont supérieures au niveau de signification statistique de 1%

La plupart des valeurs moyennes d'élasticité des prix tombent dans la plage d'inélasticité (c.-à-d. des valeurs absolues comprises entre 0 et 1). Toutefois, la plupart sont supérieures à 0,5; cela indique qu'un changement du prix de l'eau pourrait avoir des répercussions relativement importantes sur la consommation de celle-ci. Dans le cas du pétrole raffiné et du charbon, ces répercussions pourraient être supérieures au changement dans le prix, si les données étaient exprimées en pourcentage. Pour la plupart des groupes industriels, les valeurs d'élasticité absolues ont progressé entre 1981 et 1986; cela indique une sensibilité accrue au prix de l'eau.

Addition de variables explicatives

L'addition de variables explicatives est une autre façon d'élargir le tableau 5. La théorie économique indique que les équations applicables à la demande de facteurs de production dans une entreprise devraient comprendre le prix des autres facteurs de production pris comme variables indépendantes. Les données recueillies lors des relevés de 1981 ainsi que de 1986 ne permettent pas de procéder à ce type d'analyse, mais il est possible d'inclure le prix d'autres intrants rattachés à l'eau sous la forme de coûts moyens des autres catégories d'utilisation de l'eau, soit le traitement

Tableau 9

Équations de la demande d'eau estimée, avec variables explicatives additionnelles, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, à l'échelle nationale, 1986

(Équation estimée: $\ln(Q_{pr})=a_0 + a_1\ln(P_{pr}) + a_2\ln(P_{rec}) + a_3\ln(P_{rec}) + a_4\ln(P_{dis}) + a_5\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_{pr})$	$\ln(P_{rec})$	$\ln(P_{rec})$	$\ln(P_{dis})$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
Aliments (10)	6.731 (3.061)	-0.232 (-1.96)	-0.067 (-0.783)	-0.231 (-2.281)	-0.345 (-4.149)	0.219 (1.713)	0.561	11.7	42
Boissons (11)	AUCUN RENSEIGNEMENT								
Produits du caoutchouc (15)	AUCUN RENSEIGNEMENT								
Produits du plastique	12.807 (1.609)	-2.35 (-1.741)	0.689 (1.067)	0.804 (2.115)	0.674 (1.061)	0.006 (0.015)	0.062	1.1	6
Textiles primaires (18)	-81.74 (-1.378)	2.371 (1.037)	0.419 (0.449)	0.351 (0.365)	-0.236 (-0.297)	5.72 (1.543)	0.732	4.3	6
Produits du textile (19)	AUCUN RENSEIGNEMENT								
Produits du bois (25)	AUCUN RENSEIGNEMENT								
Papiers et produits connexes (27)	-6.66 (-1.939)	-0.273 (-2.208)	-0.332 (-3.739)	-0.052 (-0.732)	-0.0271 (-0.247)	1.06 (5.132)	0.902	58.1	31
Métaux primaires (29)	-16.692 (-3.746)	-0.237 (-0.815)	-0.107 (-0.636)	-0.043 (-0.205)	-0.074 (-0.452)	1.601 (6.525)	0.897	27.2	15
Fabrication à partir de métaux (30)	-5.8 (1.299)	-0.675 (-2.309)	-0.196 (-0.576)	0.225 (0.857)	0.116 (0.653)	1.017 (3.688)	0.659	7.2	16
Équipements de transport (32)	2.185 (0.649)	-0.135 (-0.236)	-0.104 (-0.622)	0.022 (0.084)	-0.12 (-0.671)	0.543 (2.669)	0.504	3.6	13
Produits minéraux non métalliques (35)	-8.708 (-1.465)	0.274 (0.726)	-1.087 (-3.75)	-0.104 (-0.835)	-0.064 (-0.166)	1.091 (2.963)	0.949	26.9	7
Pétrole raffiné et charbon (36)	-20.363 (-1.313)	-1.2 (-2.323)	-0.063 (-0.073)	0.152 (0.396)	-0.195 (-0.429)	1.628 (1.96)	0.795	8.0	9
Composés et produits chimiques (37)	3.043 (1.419)	-0.511 (-4.9)	-0.274 (-3.359)	-0.074 (-1.342)	-0.117 (-1.445)	0.467 (3.604)	0.839	40.7	38

avant utilisation (P_{tri}), la recirculation (P_{rec}) et le traitement avant rejet (P_{dis}). Ici encore, la variable dépendante est le logarithme naturel de la quantité d'eau prélevée. Le tableau 9 (1986) et le tableau 10 (1981) présentent les résultats de cet ensemble d'analyses de régression.

En principe, on peut deviner le signe que prendront les variables indépendantes. Comme dans les analyses décrites sommairement un peu plus tôt, la variable de la production devrait être positive, puisque le prélèvement d'eau varie directement avec la production. Le prélèvement

Tableau 10

Équations de la demande d'eau estimée, avec variables explicatives additionnelles, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, à l'échelle nationale, 1981
(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(P_{ww}) + a_3\ln(P_{wr}) + a_4\ln(P_{ww}) + a_5\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(P_{ww})$	$\ln(P_{wr})$	$\ln(P_{ww})$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Aliments et boissons (10)	4.535 (13.43)	-0.520 (-14.82)	-0.066 (-5.056)	-0.073 (-5.368)	-0.040 (-3.450)	0.421 (15.75)	0.518	154.0	708
Caoutchouc et plastiques (16)	6.311 (6.290)	-0.720 (-7.051)	-0.068 (-1.567)	-0.075 (-1.769)	0.007 (0.188)	0.289 (4.145)	0.541	23.6	91
Produits du textile (18)	4.938 (6.956)	-0.625 (-8.544)	-0.111 (-2.978)	-0.030 (-1.190)	0.179 (-5.332)	0.200 (3.911)	0.532	43.5	182
Produits du bois (25)	-2.479 (-1.507)	-0.648 (-4.969)	-0.101 (-1.330)	-0.040 (-0.414)	-0.081 (-2.104)	0.840 (6.513)	0.729	24.1	38
Papiers et produits connexes (27)	-3.815 (-2.794)	-0.490 (-7.775)	-0.083 (-3.011)	-0.233 (-0.178)	0.044 (1.900)	0.102 (10.78)	0.854	152.5	125
Métaux primaires (29)	-3.005 (-2.389)	-0.428 (-4.693)	-0.025 (-0.638)	0.004 (-0.144)	-0.055 (-1.703)	1.014 (10.54)	0.811	88.3	97
Fabrication à partir de métaux (30)	3.934 (4.361)	-0.840 (-7.751)	0.007 (0.157)	-0.046 (-1.500)	-0.005 (-0.212)	0.420 (5.602)	0.480	27.7	140
Équipements de transport (32)	5.067 (7.601)	-0.765 (-6.285)	-0.092 (-1.835)	-0.068 (-1.879)	0.002 (0.692)	0.344 (6.809)	0.513	34.4	154
Produits minéraux non métalliques (35)	2.735 (5.859)	0.557 (-9.061)	-0.017 (-0.729)	-0.056 (-1.985)	-0.078 (-3.555)	0.515 (12.23)	0.687	91.7	202
Pétrole raffiné et charbon (36)	-3.833 (-1.771)	-0.661 (-4.700)	-0.020 (-3.361)	0.136 (3.362)	-0.004 (-9.51)	1.181 (7.207)	0.825	33.1	29
Composés et produits chimiques (37)	1.403 (2.198)	-0.824 (-14.61)	-0.071 (-2.238)	0.074 (3.208)	-0.022 (-1.297)	0.641 (12.18)	0.746	166.9	277

et le rejet de l'eau varient aussi directement avec la production, et c'est pourquoi P_{ww} et P_{dw} devraient être des valeurs négatives. On s'attend à ce que le prélèvement et la recirculation de l'eau soient des substituts; par conséquent, P_{wr} devrait être positif. Le signe que prend P_{ww} n'est pas certain puisque certaines entreprises peuvent traiter toute leur eau (complémentarité possible avec les intrants), alors que d'autres peuvent faire un choix entre l'eau traitée et l'eau non traitée (substitution possible).

Les résultats de cette analyse sont encourageants sur certains plans, décourageants sur d'autres. Dans tous les cas, pour 1986, les valeurs ajustées de R^2 associées aux équations améliorées sont supérieures à celles qui utilisent une seule variable de prix (tableau 5). Cependant, dans quatre secteurs industriels, il n'y avait pas suffisamment de données pour permettre une estimation de l'équation élargie, ce qui s'est trouvé à atténuer quelque peu son pouvoir explicatif accru. Toutefois, pour 1981, l'addition des autres variables indépendantes avait tendance à abaisser les valeurs ajustées de R^2 des équations (tableaux 6, 8 et 10). Cette perte est attribuable en partie à des corrélations entre les variables explicatives de sorte que les variables additionnelles contribuaient peu à l'amélioration du pouvoir explicatif.

Lorsque les résultats dans le temps qui sont obtenus avec l'équation améliorée sont examinés, on voit que les valeurs de R^2 ont généralement augmenté entre 1981 et 1986. Dans quatre cas, la valeur atteinte était supérieure à 0,8; cela témoigne de la puissance explicative assez élevée de l'équation élargie. Les statistiques correspondant au F des deux années indiquent, encore une fois, que, globalement, l'équation est très fortement significative.

Il est à remarquer que les tableaux 9 et 10 indiquent aussi des résultats négatifs. En premier lieu, il y a eu un abaissement des valeurs de t au cours de la période d'analyse; dans nombre de cas, ces valeurs correspondent à des coefficients qui ne sont même pas significatifs au niveau de 5 %. Deuxièmement, il y a eu moins de données en 1986 parce qu'un nombre élevé des questionnaires ne fournissaient pas de réponse aux questions sur les quatre composants des coûts ou sur la mesure de la production. En troisième lieu, il est arrivé souvent que les valeurs n'avaient pas le signe prévu (tableau 11). Le pire des cas est observé en 1981 dans le cas des données sur la recirculation, alors que huit des onze valeurs étaient négatives au lieu d'être positives; cela indiquait une complémentarité avec le prélèvement d'eau. Ce résultat peut être attribuable à la qualité moindre des données sur la recirculation de l'eau ou encore à la spécification du prix de la variable de la recirculation. Par ailleurs, les estimations peuvent refléter avec justesse le niveau technologique d'utilisation de l'eau dans les entreprises; par exemple, chaque mètre cube d'eau est recirculé un nombre déterminé de fois.

Tableau 11

Analyse du signe pris par les variables indépendantes par rapport au signe attendu

	Hypothèse vérifiée		Hypothèse infirmée	
Variable	1981	1986	1981	1986
Production	11	10	0	0
Prélèvement	10	8	1	2
Rejet	7	8	4	4
Recirculation	5	3	5	8

En 1981 comme en 1986, les valeurs de la variable P_m ont été surtout négatives. Cela indique que la plupart des entreprises considèrent que le prélèvement d'eau et le traitement avant l'utilisation sont complémentaires; par conséquent, cela indique aussi que la plupart des firmes pensent que la qualité de l'eau ambiante ne peut pas être utilisée sans traitement.

Le faible rendement obtenu avec les variables de prix ajoutées est peut-être attribuable au faible taux de réponse aux questions du recensement de l'utilisation de l'eau dans l'industrie qui visaient à obtenir ces renseignements. Puisque les renseignements sur ces variables ne peuvent être estimés ni remplacés, les résultats relativement faibles au niveau national à deux chiffres (c.-à-d. le niveau le plus groupé) indiquent qu'il serait inutile dans la présente situation de continuer à les inclure dans les analyses, bien qu'une analyse transversale des séries chronologiques groupées pourrait éventuellement être utile. Par conséquent, les autres analyses présentées dans ce document sont axées sur les niveaux d'analyse nationale à trois chiffres et provinciale à deux chiffres, et elles ne comprennent que le prix du prélèvement d'eau (P_m) et que l'indicateur de production de l'entreprise (X) comme variables indépendantes.

Fonctions de demande à un niveau plus fin d'analyse

Les données permettent de calculer les fonctions de demande d'eau à un niveau CTI plus fin, soit à trois chiffres. Ces résultats peuvent être utiles aux planificateurs dont les travaux portent sur des secteurs industriels ou des complexes industriels spécifiques. Pour 1986 (tableau 12), on a résolu les équations dans le cas de 54 sous-groupes industriels. Les résultats étaient statistiquement significatifs au niveau de 5 % ou mieux dans 39 de ces cas, comme l'indiquent les résultats statistiques du test F. Dans la majorité des équations (49), on observe une élasticité négative des prix; la plage des valeurs est comprise entre des valeurs proches de 0 (cinq secteurs compris entre 0 et 0,1) à plus de 1 (CTI 152, 181, 192, 199, 297, 358, 361 et 373). Dans deux cas (CTI 105 et 107), les équations avaient une élasticité positive des prix. Cependant, les résultats n'étaient statistiquement significatifs dans aucun des deux cas. La majorité des résultats statistiques du test t (43 sur 54) appliqué à la variable

de P_m se sont révélés être significatifs au niveau de 5 % ou mieux.

Les valeurs prises par la variable de production étaient uniformément positives; cela indique une augmentation du prélèvement d'eau avec un accroissement de la production. La plupart des coefficients ont pris les valeurs comprises entre 0 et 1, mais 15 valeurs étaient supérieures à 1; cela indique, en moyenne, qu'une augmentation donnée de la production, exprimée en pourcentage, conduira à une augmentation plus que proportionnelle du prélèvement d'eau. La petitesse des échantillons (voir les statistiques sur les degrés de liberté) de certains groupes est telle que les équations doivent être considérées comme étant provisoires (c.-à-d. qu'elles le seront jusqu'à ce qu'une analyse transversale des séries chronologiques puisse être effectuée); cependant, les résultats d'ensemble pour 1986 sont très valables.

L'analyse des données de 1981 (tableau 13) a aussi apporté des résultats encourageants en ce qu'elle a montré la variation de l'utilisation de l'eau en fonction du prix. La plupart des secteurs industriels avaient des coefficients de prix statistiquement significatifs qui étaient compris entre 0 et -1. Les coefficients des prix associés aux CTI 186, 295, 323, 326 et 354 ne diffèrent pas de manière significative de 0. Les coefficients de production étaient uniformément positifs et étaient significatifs au niveau de 5 % ou mieux sauf dans cinq cas (CTI 105, 181, 182, 326 et 327).

Pour les deux années, les coefficients de prix estimés qu'on retrouve aux tableaux 12 et 13 montrent un étalement des valeurs supérieur à celui du niveau d'agrégation à deux chiffres, qui est plus important (tableaux 5 et 6). Ceci donne à penser que les regroupements faits vers le haut conduisent à une perte de renseignements puisque l'analyse à deux chiffres comprend une moyenne de trois chiffres. Les résultats du secteur de l'alimentation (CTI 10) de 1986 constituent un exemple classique. Le tableau 5 établit le coefficient des prix à deux chiffres à -0,56; selon le tableau 12, la plage de variation va du niveau des résultats statistiquement non significatifs (CTI 105–107) à -0,81 (CTI 108). Enfin, entre 1981 et 1986, on observe une légère tendance à l'accroissement des valeurs absolues associées aux élasticités de prix. Quant au groupe à trois chiffres qui était directement comparable, on observe une élasticité accrue de plus de 10 % dans 17 cas; à l'inverse, l'élasticité a diminué de plus de 10 % dans 10 cas.

Comparaisons interprovinciales

La ventilation des données par découpement provincial permet d'étudier la configuration régionale des coefficients de demande d'eau (tableaux 14 à 23). La base industrielle assez restreinte de plusieurs provinces ne permettait d'effectuer les compilations que sur trois secteurs industriels ou moins. En outre, la compilation a été faite au niveau à deux chiffres de la CTI. Les résultats empiriques, aux deux années, ont été très bons et les tests F et t ont donné des résultats hautement significatifs dans la plupart des cas. La plupart des coefficients ont pris le signe attendu. Les quelques exceptions étaient en rapport avec les secteurs industriels qui avaient un nombre limité de degrés de liberté (c.-à-d. de petits échantillonnages). Aucune n'avait d'importance significative.

Le tableau 24 fait la synthèse des analyses provinciales par compilation de la distribution de part et d'autre des moyennes nationales par groupe de CTI. Comme il a été déjà montré, il s'est produit une remarquable augmentation de l'élasticité des prix (en valeurs absolues) dans l'intervalle de cinq ans. En outre, la plage de variation s'est agrandie au cours de cette période. Les élasticités de la production et les coefficients de R^2 avaient moins cette tendance à s'accroître uniformément.

Les résultats montrent aussi qu'il existe des types «régionaux». Par exemple, les coefficients estimés des secteurs industriels de l'Ontario ne ressemblent pas à leurs équivalents du Québec, et les résultats des provinces des Prairies ne sont pas particulièrement rapprochés, quel que soit le secteur industriel. Le tableau 24 montre que les résultats nationaux, pour tout secteur industriel donné, sont formés par la moyenne de résultats provinciaux qui sont étalés sur une plage considérable. Par exemple, dans le secteur des boissons en 1986, l'élasticité du prix national, de -0,570, est comprise dans une plage qui s'étale de -1,085 à -0,110.

Tableau 12

Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, à trois chiffres, à l'échelle nationale, 1986

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Produits de viande et volaille (101)	7.34 (3.737)	-0.354 (-2.587)	0.204 (1.717)	0.129	5.8	67
Produits du poisson (102)	-0.815 (-0.300)	-0.55 (-4.062)	0.69 (4.001)	0.593	21.4	28
Produits de fruits et de légumes (103)	0.862 (0.410)	-0.432 (-2.108)	0.625 (5.013)	0.483	15.4	31
Produits laitiers (104)	3.397 (2.188)	-0.4372 (-4.020)	0.425 (4.495)	0.477	22.0	46
Farine, aliments céréaliers préparés et moulés (105)	-0.220 (-0.019)	0.174 (0.192)	0.629 (0.961)	0.120	0.5	9
Huiles végétales (106)	-47.27 (-2.01)	-0.207 (-0.711)	3.296 (2.510)	0.594	6.1	7
Pain et autres produits de boulangerie (107)	-0.525 (-0.144)	0.116 (0.361)	0.661 (3.058)	0.388	5.1	13
Sucre et produits de sucre (108)	-8.203 (-1.652)	-0.805 (-4.082)	1.079 (3.595)	0.851	26.8	9
Autres produits alimentaires (109)	-3.598 (-1.176)	-0.709 (-3.059)	0.841 (4.665)	0.504	130.7	37
Boissons gazeuses (111)	-3.415 (-3.363)	-0.175 (-2.015)	0.886 (14.187)	0.919	102.8	18
Produits de distillation (112)	-8.274 (-0.745)	-0.776 (-1.421)	1.136 (1.645)	0.627	6.9	7
Produits de brasserie (113)	0.0609 (0.604)	-0.173 (-1.265)	0.7 (13.132)	0.945	86.9	10
Produits du vin (114)	0.343 (0.094)	-0.93 (-1.976)	0.554 (2.296)	0.463	6.6	13
Pneus et chambres (151)	-6.56 (-1.506)	-0.869 (-1.464)	0.99 (3.699)	0.843	14.5	5
Courroies et tuyaux de caoutchouc (152)	-24.997 (-1.14)	-2.249 (-2.155)	1.997 (1.586)	0.469	2.8	4
Autres produits du caoutchouc (159)	-3.676 (-0.762)	-0.411 (-1.779)	0.889 (2.896)	0.554	7.8	11
Plastiques expansés et en mousse (161)	-4.836 (-0.39)	-0.131 (-0.182)	0.931 (1.2)	0.18	1.4	4
Tuyaux et raccords de plastique (162)	1.666 (0.207)	-0.052 (-0.11)	0.575 (1.212)	0.333	0.8	10

Tableau 12 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	ln(P_m)	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Pellicules et feuilles de plastique (163)	7.81 (1.491)	-0.004 (-0.009)	0.226 (0.734)	0.153	0.3	11
Autres produits du plastique (169)	7.932 (2.971)	-0.671 (-3.823)	0.084 (0.505)	0.208	7.3	48
Fibres et filaments synthétiques (181)	-4.293 (-0.886)	-1.186 (-2.729)	0.833 (2.542)	0.861	25.8	8
Fils et tissus (182)	-5.029 (-1.379)	-0.552 (-3.068)	0.951 (4.282)	0.592	17.0	22
Tapis, paillassons et carpettes (192)	-12.699 (-1.778)	-1.231 (-2.762)	1.341 (3.403)	0.529	6.6	10
Autres produits de textile (199)	-4.89 (-0.534)	2.572 (1.055)	1.228 (1.8)	0.242	1.6	4
Produits de sciage et de rabotage (251)	-2.609 (-0.883)	-0.912 (-8.987)	0.701 (3.938)	0.688	56.1	50
Produits de pâtes et papiers (271)	-6.155 (-3.47)	-0.37 (-7.055)	1.126 (11.083)	0.817	150.9	67
Autres produits de papier converti (279)	3.212 (1.116)	-0.701 (-4.129)	3.8 (2.134)	0.494	13.1	25
Acier primaire (291)	-11.032 (-6.00)	-0.573 (-4.988)	1.321 (12.21)	0.889	121.2	30
Tubes et conduites d'acier (292)	AUCUN RENSEIGNEMENT					
Fonderies de fer (294)	-10.15 (-2.667)	-0.788 (-2.062)	1.233 (5.182)	0.650	17.7	18
Fonte et raffinage de métaux non ferreux (295)	12.929 (4.366)	-0.767 (-2.037)	0.039 (0.257)	0.254	2.4	8
Extrusion, moulage et laminage de l'aluminium (296)	11.124 (2.25)	0.03 (0.08)	0.017 (0.057)	-0.153	0.0	15
Extrusion, moulage et laminage de cuivre et d'alliages (297)	-6.25 (-2.699)	-1.092 (-5.114)	0.96 (7.028)	0.940	40.2	5
Métaux de charpente usinés (302)	3.763 (0.512)	-0.721 (-1.398)	0.319 (0.706)	0.054	1.4	13
Métaux emboutis, pressés et enduits (304)	2.065 (1.255)	-0.685 (-3.042)	0.466 (4.731)	0.328	13.7	52
Fils et produits du fil (305)	-2.019 (-0.644)	-0.731 (-3.207)	0.75 (3.84)	0.485	17.5	35

Tableau 12 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_m)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Aéronefs et pièces d'aéronefs (321)	2.379 (0.446)	-0.321 (-0.755)	0.504 (1.678)	0.073	1.4	11
Véhicules moteur (323)	-13.479 (-2.82)	-0.584 (-1.603)	1.225 (4.667)	0.984	127.4	4
Pièces et accessoires de véhicules moteur (325)	-2.871 (-1.496)	-0.698 (-3.835)	0.768 (6.675)	0.554	43.3	68
Matériel ferroviaire roulant (326)	17.314 (1.063)	-0.761 (-1.461)	-0.453 (-0.459)	0.040	1.1	4
Construction et réparation de navires (327)	AUCUN RENSEIGNEMENT					
Ciment hydraulique (352)	0.771 (0.176)	-0.573 (-9.122)	0.635 (2.53)	0.900	45.9	10
Produits du béton (354)	-4.36 (-1.026)	-0.067 (-0.378)	0.876 (3.321)	0.376	5.5	15
Béton préparé (355)	-4.839 (-3.196)	-0.737 (-9.326)	0.885 (8.884)	0.853	97.0	33
Verre et produits du verre (356)	-14.76 (-2.8)	-0.199 (-0.713)	1.516 (4.818)	0.692	13.4	211
Produits abrasifs (357)	-7.532 (-1.233)	-0.998 (-7.154)	1.057 (2.739)	0.927	45.3	7
Produits de la chaux (358)	-10.387 (-0.038)	-1.517 (-0.196)	1.169 (0.072)	0.167	0.1	3
Autres produits minéraux non métalliques (359)	-4.866 (-1.626)	-0.733 (-3.947)	0.903 (4.936)	0.692	25.7	22
Pétrole rafiné (361)	-10.513 (-1.466)	-1.202 (-4.234)	1.134 (3.044)	0.762	18.6	11
Produits chimiques industriels (371)	-2.264 (-0.96)	-0.809 (-6.463)	0.79 (5.258)	0.762	74.5	46
Plastiques et résines synthétiques (373)	4.239 (1.00)	-1.178 (-4.94)	0.347 (1.353)	0.675	17.6	16
Produits pharmaceutiques et médicaments (374)	6.967 (2.20)	0.041 (0.174)	0.216 (1.154)	0.109	0.8	15
Peintures et vernis (375)	-5.332 (-1.454)	-0.75 (-2.73)	0.915 (4.2)	0.486	9.5	18
Savons et produits de nettoyage (376)	1.859 (0.546)	-0.573 (-3.475)	0.509 (2.485)	0.501	8.0	14
Autres produits chimiques (379	-3.273 (-0.913)	-0.777 (-3.865)	0.812 (3.662)	0.427	16.3	41

Tableau 13

Fonctions de la demande d'eau estimée, secteurs industriels de la CTI, à trois chiffres, à l'échelle nationale, 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.F.
Produits de viande et volaille (101)	5.367 (7.280)	-0.487 (-5.638)	0.419 (7.044)	0.414	46.5	127
Produits du poisson (102)	0.694 (0.534)	-0.583 (-6.806)	0.771 (7.233)	0.646	63.2	66
Traitement des fruits et des légumes (103)	1.607 (1.528)	-0.164 (-1.822)	0.805 (9.551)	0.614	48.7	58
Produits laitiers (104)	4.890 (8.476)	-0.585 (-9.921)	0.420 (8.773)	0.518	91.8	167
Farine et produits céréaliers (105)	7.166 (5.620)	-0.681 (-2.52[illegible])	0.147 (1.468)	0.216	5.0	27
Divers produits alimentaires (108)	0.767 (0.716)	-0.783 (-7.933)	0.707 (8.353)	0.587	80.5	10
Boissons (109)	4.660 (6.292)	-0.442 (-4.150)	0.507 (8.064)	0.419	50.7	136
Produits du caoutchouc (162)	0.067 (0.048)	-0.325 (-2.358)	0.805 (7.297)	0.656	47.7	47
Fabrication de produits de plastique (165)	7.296 (9.174)	-0.774 (-9.205)	0.126 (2.057)	0.383	44.8	139
Fabrique de fils et de tissus de coton (181)	7.271 (2.269)	-0.813 (-4.337)	0.217 (0.911)	0.689	16.5	12
Fabriques de fils et de tissus de laine (182)	9.559 (5.168)	-0.714 (-2.105)	0.038 (0.271)	0.234	2.1 (NS)	5
Fabriques de fibres, de fils et de tissus synthétiques (183)	-1.298 (-0.858)	-0.937 (-6.849)	0.798 (6.900)	0.810	80.0	35
Fabriques de carpettes, de paillassons et de tapis (186)	3.311 (0.932)	0.144 (0.318)	0.706 (2.641)	0.295	3.5 (NS)	10
Textiles divers (189)	0.639 (0.183)	-0.587 (-2.759)	0.746 (2.711)	0.378	7.7	20
Secteur du bois (251)	-3.759 (-2.052)	-0.816 (-6.400)	0.974 (6.827)	0.707	50.6	39
Produits des pâtes et papiers (271)	-4.073 (-2.216)	-0.382 (-5.815)	1.192 (8.975)	0.731	111.0	79
Transformateurs de papiers divers (274)	-0.458 (-0.285)	-0.515 (-3.086)	0.774 (6.287)	0.505	25.5	46
Fonderies de fer et aciéries (291)	-5.226 (-2.736)	-0.376 (-3.120)	1.232 (8.241)	0.855	89.5	28
Fabriques de tuyaux et de tubes d'acier (292)	3.583 (1.898)	-1.118 (-4.934)	0.463 (3.261)	0.746	24.5	14

Tableau 13 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_m)$	ln(Q)	R^2	F	D.F.
Fonderies de fer (294)	-4.997 (-1.458)	-0.769 (-4.517)	1.176 (4.249)	0.602	25.2	30
Fonderies et raffinage de métaux non-ferreux (295)	-6.835 -2.466)	-0.063 (-0.377)	1.418 (6.558)	0.839	55.6	19
Métaux de charpente usinés (302)	0.109 (0.055)	-0.807 (-5.285)	0.667 (4.294)	0.731	32.2	21
Enduits et métallisation de métaux (304)	5.445 (3.569)	-0.676 (-2.862)	0.362 (2.982)	0.185	6.6	47
Fils et produits de fil (305)	-2.347 (-1.485)	-0.643 (-4.360)	0.945 (7.345)	0.653	56.4	57
Aéronefs et pièces d'aéronefs (321)	5.973	-0.753	0.332	0.255	6.0	27
Véhicules moteur (323)	-4.481 (-2.120)	-0.459 (-1.063)	1.051 (6.772)	0.803	31.5	13
Pièces de véhicules moteur (325)	6.565 (7.518)	-0.939 (-6.512)	0.198 (2.667)	0.450	39.5	92
Matériel ferroviaire roulant (326)	6.618 (1.291)	-0.123 (-0.237)	0.369 (0.925)	0.200	1.1 (NS)	5
Construction et réparation de navires (327)	6.641 (1.516)	-1.289 (-1.905)	0.244 (0.698)	0.462	5.7	9
Fabrication de ciment (352)	-2.323 (-0.589)	-0.403 (-2.981)	1.022 (3.385)	0.702	19.8	14
Produits de béton (354)	1.603 (1.018)	-0.072 (-0.299)	0.702 (5.294)	0.465	14.0	28
Béton préparé (355)	1.604 (1.879)	-0.195 (2.251)	0.727 (9.332)	0.533	48.3	81
Verre et produits du verre (356)	4.678 (3.214)	-0.648 (-2.550)	0.432 (3.846)	0.579	16.1	20
Fabrication d'abrasifs (357)	6.979 (8.799)	-0.359 (-6.131)	0.214 (3.494)	0.215	27.6	193
Fabrication de chaux (358)	-3.537 (-1.218)	-0.918 (-5.162)	1.004 (4.389)	0.797	36.4	16
Produits non métalliques divers (359)	6.876 (4.794)	-0.630 (-3.364)	0.260 (2.327)	0.286	8.6	36
Raffineries de pétrole (365)	-1.574 (-0.593)	-0.543 (-4.198)	1.013 (5.098)	0.708	36.1	27
Plastiques et résines synthétiques (373)	0.351 (0.130)	-0.390 (-2.754)	0.871 (4.213)	0.532	14.6	22
Produits pharmaceutiques et médicaments (374)	-0.556 (-0.281)	-0.522 (-2.278)	0.808 (5.154)	0.451	17.0	37
Peintures et vernis (375)	-2.724 (-1.036)	-0.588 (-1.979)	0.993 (4.628)	0.465	13.2	26
Savons et produits de nettoyage (376)	7.301 (6.598)	-0.669 (-2.927)	0.207 (2.081)	0.433	10.9	24
Produits chimiques industriels (378)	-0.992 (-0.969)	-0.734 (-8.809)	0.922 (10.83)	0.805	193.2	91
Produits chimiques divers (379)	-0.996 (-0.819)	-0.906 (-8.282)	0.852 (8.261)	0.730	91.6	65

NS = non signifiant.

Tableau 14

Fonctions de demande d'eau estimée, Colombie-Britannique, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
Aliments (10)	-5.901 (-1.768)	-0.506 (-2.241)	0.991 (4.823)	0.627	20.4	23
Boissons (11)	-3.005 (-0.943)	-1.085 (-1.94)	0.744 (4.322)	0.713	9.7	7
Plastiques (16)	1.841 (0.124)	-0.488 (-0.982)	0.487 (0.503)	0.094	0.7	6
Secteurs du bois (25)	-15.000 (-3.019)	-1.086 (-8.097)	1.391 (4.838)	0.769	39.2	23
Papiers et produits connexes (27)	-7.582 (-2.846)	-0.162 (-0.948)	1.262 (8.019)	0.877	43.9	12
Métaux primaires (29)	-15.110 (-2.506)	-0.694 (3.54)	1.502 (-1.03)	0.929	33.5	5
Fabrication à partir de métaux (30)	-5.886 (-0.972)	-1.747 (-1.686)	0.804 (2.297)	0.465	3.6	6
Produits minéraux non métalliques (35)	-6.657 (-0.746)	-2.393 (-1.768)	0.738 (1.091)	0.657	7.7	7
Composés et produits chimiques (37)	-52.995 (-1.933)	-0.575 (-1.281)	3.880 (2.221)	0.705	7.0	5

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations dans le cas des autres groupes industriels. Les équations qui correspondent à 1981 figurent dans Renzetti (1986), mais elles ne sont pas comprises ici parce qu'elles on été calculées selon une formule fonctionnelle différente de celle utilisée ici. NS = non signifiant.

Tableau 15

Fonctions de demande d'eau estimée, Alberta, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	9.631 (4.083)	-0.717 (-3.497)	0.058 (0.406)	0.354	6.5	20
Boissons (11	-11.486 (-1.043)	-0.11 (-0.231)	1.381 (2.007)	0.541	4.5	6

Tableau 15 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_{ke})$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
		1986				
Papiers et produits connexes (27)	-22.748 (-2.971)	-0.634 (-2.411)	1.964 (4.311)	0.966	71.2	5
Métaux primaires (29)	-2.97 (-0.973)	-1.476 (-4.968)	0.741 (4.033)	0.947	36.7	4
Fabrication à partir de métaux (30)	5.269 (0.777)	0.104 (0.068)	0.29 (0.701)	-0.289	0.3	6
Produits minéraux non métalliques (35)	-8.378 (-1.565)	-0.625 (-3.641)	1.125 (3.452)	0.810	13.7	6
Pétrole raffiné et charbon (36)	-26.124 (-17.771)	-0.273 (-1.299)	1.974 (24.995)	0.995	378.2	4
Composés et produits chimiques (37)	6.996 (1.752)	-1.387 (-5.142)	0.171 (0.678)	0.774	23.2	13
		1981				
Aliments et boissons (10)	2.188 (1.282)	-0.441 (-4.637)	0.669 (6.490)	0.444	32.9	78
Textiles (18)	8.937 (3.536)	-1.144 (-6.202)	0.098 (0.346)	0.866	26.9	6
Produits du bois (25)	-2.176 (-1.013)	-0.227 (-0.230)	0.946 (7.786)	0.958	34.8 (NS)	1
Papiers et produits connexes (27)	-11.71 (-2.234)	-0.197 (-1.283)	1.737 (4.229)	0.842	19.7	5
Métaux primaires (29)	3.690 (1.364)	-1.299 (-2.777)	0.437 (2.006)	0.612	9.7	9
Fabrication à partir de métaux (30)	3.572 (0.840)	-0.832 (-1.019)	0.461 (1.418)	0.579	9.9	11
Équipements de transport (32)	9.838 (3.373)	-0.995 (-1.749)	0.026 (0.106)	0.354	2.4 (NS)	3
Produits minéraux non métalliques (35)	2.210 (1.441)	-0.4559 (-3.693)	0.641 (5.322)	0.644	190.4	207
Produits du pétrole et du charbon (36)	-4.838 (-0.77)	-0.317 (-1.082)	1.269 (2.655)	0.606	5.6 (NS)	4
Composés et produits chimiques (37)	-0.513 (-0.227)	-0.436 (-2.063)	0.952 (4.849)	0.737	36.0	23

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations qui correspondent aux autres groupes industriels.
NS = non signifiant.

Tableau 16

Fonctions de demande d'eau estimée, Saskatchewan, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	11.985 (3.243)	-0.474 (-1.968)	0.081 (0.350)	0.148	2.0	11
Boissons (11)	-9.209 (-2.523)	-0.507 (-1.688)	1.247 (5.705)	0.926	19.8	3
Produits minéraux non métalliques (35)	-1.66 (-0.386)	-0.379 (-1.906)	0.7 (2.515)	0.366	3.3	8
Composés et produits chimiques (37)	0.54 (0.049)	2.059 (0.704)	0.678 (0.926)	-0.323	0.6	3
		1981				
Aliments et boissons (10)	8.966 (10.29)	-0.645 (-4.037)	0.105 (1.446)	0.311	9.1	34
Métaux primaires + fabrication à partir de métaux	-1.149 (-0.405)	-0.846 (-3.311)	0.780 (3.342)	0.764	10.7	4
Produits minéraux non métalliques	-3.279 (-1.11)	-0.133 (-0.369)	1.106 (4.119)	0.722	11.4	6
Pétrole et charbon ainsi que composés et produits chimiques	-2.667 (-0.536)	-0.496 (-2.443)	0.932 (2.479)	0.523	3.7 (NS)	3

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations qui correspondent aux autres groupes industriels.

Tableau 17

Fonctions de demande d'eau estimée, Manitoba, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	8.259 (2.55)	-0.498 (-1.27)	0.163 (0.801)	0.081	1.4	8
Fabrication à partir de métaux (30)	-0.937 (-0.106)	-1.958 (-0.970)	0.587 (1.126)	-0.083	0.8	6

Tableau 17 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
		1986				
Produits minéraux non métalliques (35)	-0.681 (-0.067)	-0.5 (-2.207)	0.703 (1.14)	0.494	3.0	4
		1981				
Aliments et boissons (10)	0.583 (0.561)	-0.719 (-7.045)	0.778 (9.406)	0.649	59.3	61
Produits du caoutchouc et du plastique (16)	2.054 (0.713)	-0.198 (-0.981)	0.653 (2.570)	0.559	4.2 (NS)	3
Produits du textile (18)	6.562 (1.647)	-0.200 (-0.721)	0.244 (0.771)	0.120	1.7 (NS)	8
Papiers et produits connexes (27)	0.111 (0.299)	-2.110 (-2.717)	0.584 (2.104)	0.444	5.8	10
Métaux primaires (29)	-3.257 (-0.529	-0.188 (-0.552)	1.107 (2.083)	0.772	12.8	5
Fabrication à partir de métaux (30)	2.907 (0.667)	0.288 (0.165)	0.604 (1.416)	0.700	1.3 (NS)	7
Équipements de transport (32)	0.704 (0.108)	-1.891 (-0.414)	0.584 (1.381)	0.113	1.4 (NS)	4
Produits minéraux non métalliques (35)	4.232 (1.971)	-0.552 (-1.584)	0.493 (2.582)	0.430	5.9	11
Pétrole et charbon ainsi que produits chimiques (37 + 37)	-0.777 (-0.307)	-0.890 (-1.981)	0.932 (3.784)	0.606	12.5	13

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations qui correspondent aux autres groupes industriels.
NS = non signifiant.

Tableau 18

Fonctions de demande d'eau estimée, Ontario, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	-3.761 (-1.87)	-0.722 (-6.318)	0.839 (7.0)	0.586	61.1	85
Boissons (11)	-7.722 (-3.454)	-0.786 (-2.958)	1.104 (3.104)	0.837	47.2	18
Caoutchouc (15)	-0.013 (-0.004)	-1.189 (2.369)	0.608 (2.729)	0.618	13.2	15

Tableau 18 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	ln(P_m)	ln(Q)	R^2	F	D.L.
Plastiques (16)	6.233 (1.86)	-0.591 (-2.708)	0.215 (1.05)	0.146	4.4	40
Textiles primaires (18)	-14.44 (-3.285)	-0.424 (-1.641)	1.519 (-1.641)	0.841	43.4	16
Produits du textile (19)	-17.718 (-1.236)	-0.056 (-0.056)	1.689 (2.04)	0.237	2.1	7
Industries du bois (25)	2.951 (0.359)	-1.171 (-5.056)	0.36 (0.712)	0.723	14.1	10
Papiers et produits connexes (27)	-9.508 (-2.38)	-0.827 (-5.473)	1.191 (4.907)	0.849	90.8	32
Métaux primaires (29)	-7.756 (-3.617)	-0.709 (-4.216)	1.116 (8.585)	0.817	90.4	40
Fabrication à partir de métaux (30)	3.526 (1.711)	-0.857 (-4.023)	0.388 (3.115)	0.309	13.8	57
Équipements de transport (32)	-1.044 (-0.683)	-0.718 (-4.343)	0.66 (7.194)	0.582	59.4	84
Produits minéraux non métalliques (35)	-6.462 (-2.728)	-0.773 (-9.068)	0.988 (6.699)	0.835	112.5	44
Pétrole raffiné et charbon (36)	6.435 (0.824)	-1.138 (-3.459)	0.279 (0.649)	0.882	12.2	3
Composés et produits chimiques (37)	-3.124 (-1.457)	-0.884 (-8.36)	0.809 (6.218)	0.634	77.2	88
			(1981)			
Aliments et boissons	5.845 (10.90)	-0.633 (-8.712)	0.356 (8.211)	0.394	86.0	257
Produits du caoutchouc et du plastique	7.045 (9.156)	-1.099 (-9.799)	0.137 (2.352)	0.467	52.8	116
Produits du textile	7.811 (6.310)	-0.953 (-4.947)	0.182 (1.978)	0.498	16.9	30
Produits du bois	-3.998 (-1.412)	-1.136 (-4.286)	0.971 (4.586)	0.751	16.1	8
Papiers et produits connexes	-5.636 (-3.007)	-0.615 (-7.512)	1.197 (8.374)	0.846	154.6	54
Métaux primaires	-3.597 (-2.274)	-0.188 (-3.815)	1.085 (8.410)	0.838	125.1	46
Fabrication à partir de métaux	3.578 (2.705)	-0.818 (-6.302)	0.477 (4.367)	0.505	40.8	76
Équipements de transport	5.861 (7.385)	-0.794 (-5.974)	0.299 (4.565)	0.476	51.4	109

Tableau 18 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
Produits minéraux non métalliques (35)	0.725 (1.256)	-0.669 (-8.949)	0.725 (14.78)	0.783	198.1	107
Pétrole raffiné et charbon (36)	-3.665 (-1.01)	-1.175 (-4.997)	0.982 (3.858)	0.846	25.7	7
Composés et produits chimiques (37)	3.496 (4.178)	-0.917 (-11.51)	0.500 (7.14)	0.670	154.5	149

Tableau 19

Fonctions de demande d'eau estimée, Québec, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	-3.2 (-1.567)	-0.548 (-3.787)	0.801 (6.636)	0.463	29.9	67
Boissons (11)	10.355 (0.087)	-0.909 (-1.387)	0.597 (2.172)	0.606	7.1	8
Caoutchouc (15)	-9.909 (-1.558)	-0.59 (-2.388)	1.215 (3.276)	0.731	7.8	5
Plastiques (16)	(167.007) (1.829)	-0.831 (-2.548)	0.143 (0.582)	0.219	3.7	19
Textiles primaires (18)	-2.598 (-0.6)	-0.645 (-2.416)	0.798 (2.989)	0.578	9.9	13
Produits du textile (19)	-3.377 (-0.904)	-0.358 (-0.772)	0.921 (4.197)	0.727	9.0	6
Industries du bois (25)	-16.683 (-3.517)	-0.605 (-2.826)	1.618 (5.518)	0.861	19.6	6
Papiers et produits connexes (27)	-6.34 (-1.597)	-0.6 (-3.365)	1.05 (4.187)	0.757	49.3	31
Métaux primaires (29)	-1.159 (-0.291)	-1.082 (-3.738)	0.645 (2.546)	0.608	21.1	26
Fabrication à partir de métaux (30)	-1.954 (-0.702)	-1.193 (-4.03)	0.684 (3.859)	0.642	18.9	20
Équipements de transport (32)	7.655 (0.889)	-0.363 (-0.637)	0.18 (0.346)	-0.416	0.3	5
Autres produits minéraux non métalliques (35)	-7.754 (-3.505)	-0.64 (-3.554)	1.086 (7.884)	0.739	40.6	28

Tableau 19 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
Pétrole raffiné et charbon (36)	AUCUN RENSEIGNEMENT					
Composés et produits chimiques (37)	-1.182 (-0.394)	-0.913 (-7.277)	0.655 (3.468)	0.754	50.1	32
		1981				
Aliments et boissons (10)	0.619 (0.897)	-0.732 (-11.13)	0.742 (12.28)	0.674	177.6	169
Caoutchouc et plastiques (16)	0.294 (0.145)	-0.593 (-4.515)	0.696 (4.301)	0.496	26.1	49
Produits du textile (18)	1.526 (0.947)	-0.604 (-3.707)	0.662 (5.242)	0.582	33.7	45
Produits du bois (25)	-8.538 (-2.959)	-0.853 (-5.138)	1.333 (5.907)	0.789	34.6	16
Papiers et produits connexes (27)	-6.569 (-2.875)	-0.439 (-3.045)	1.327 (7.232)	0.810	75.5	33
Métaux primaires (29)	-3.812 (-1.631)	-0.292 (-1.465)	1.172 (5.891)	0.755	45.6	27
Fabrication à partir de métaux (30)	3.473 (2.516)	-1.294 (-4.804)	0.380 (3.251)	0.624	24.2	26
Équipements de transport (32)	3.132 (1.578)	-1.121 (-1.766)	0.421 (3.739)	0.501	10.0	16
Produits minéraux non métalliques (35)	5.085 (4.419)	-0.228 (-0.909)	0.4242 (4.626)	0.409	13.1	33
Pétrole raffiné et charbon (36)	0.812 (0.531)	-0.409 (-1.341)	0.874 (0.825)	0.268	1.9 (NS)	3
Composés et produits chimiques (37)	-3.764 (-3.756)	-1.033 (-13.02)	1.031 (12.02)	0.886	91.6	73

NS = non signifiant.

Tableau 20

Fonctions de demande d'eau estimée, Nouveau-Brunswick secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	14.675 (1.397)	-0.743 (-3.268)	-0.311 (-0.467)	0.623	9.3	10

Tableau 20 (suite)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
Industries du bois	16.402 (0.614)	-0.502 (-1.034)	-0.407 (-0.256)	0.200	0.8	3
		1981				
Aliments et boissons, Caoutchouc, plastiques et textiles	6.644 (2.286)	-0.222 (-1.435)	0.371 (1.542)	0.180	3.1 (NS)	17
Bois, papiers et produits connexes	-4.262 (-0.543)	-0.519 (-2.322)	1.132 (1.973)	0.727	15.7	9
Métaux primaires, fabrication à partir de métaux, minéraux non métalliques	-1.289 (-0.768)	-1.178 (-4.467)	0.719 (5.236)	0.890	33.3	6

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations qui correspondent aux autres groupes industriels.
NS = non signifiant.

Tableau 21

Fonctions de demande d'eau estimée, Nouvelle-Écosse secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	ln(Q)	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	5.624 (1.693)	-0.509 (-2.792)	0.278 (1.268)	0.525	9.3	15
Papiers et produits connexes (27)	-8.921 (-1.154)	0.886 (0.64)	1.644 (2.510)	0.732	5.1	3
		1981				
Aliments et boissons, caoutchouc, plastiques, textiles	0.261 (0.199)	-0.759 (-7.607)	0.753 (7.354)	0.665	53.6	51
Bois, papiers et produits connexes	1.839 (0.243)	-0.825 (-1.252)	0.682 (1.002)	0.751	8.6	3
Métaux primaires, fabrication à partir de métaux, minéraux non métalliques	0.905 (0.389)	-0.532 (-3.843)	0.685 (3.452)	0.817	36.8	14
Pétrole raffiné et charbon, produits chimiques, etc.	-3.265 (-0.814)	-0.665 (-1.053)	1.108 (2.681)	0.755	11.8	5

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations qui correspondent aux autres groupes industriels.

Tableau 22

Fonctions de demande d'eau estimée, Île-du-Prince-Édouard, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
Aliments	1.618 (0.935)	-0.644 (-1.469)	0.753 (3.917)	0.665	10.9	8

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations des autres groupes industriels au regard de 1981 ou de tout groupe au regard de 1986.

Tableau 23

Fonctions de demande d'eau estimée, Terre-Neuve, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

(Équation estimée: $\ln(Q_w) = a_0 + a_1\ln(P_w) + a_2\ln(Q) + e$)

Secteur industriel (CTI)	Constante	$\ln(P_w)$	$\ln(Q)$	R^2	F	D.L.
		1986				
Aliments (10)	17.04 (0.570)	0.461 (0.312)	-0.325 (-0.186)	-0.600	0.1	5
Produits minéraux non métalliques (35)	14.92 (4.61)	-2.349 (-9.815)	-0.541 (-2.479)	0.973	54.5	3
		1981				
Aliments et boissons (10)	-0.578 (-0.205)	-0.780 (-3.307)	0.847 (3.534)	0.650	21.4	20
Bois, papiers, métaux, pétrole et produits chimiques réunis	1.947 (0.274)	-1.050 (-1.687)	0.561 (0.803)	0.855	24.7	6

Note: Il n'y avait pas assez de données pour calculer les équations qui correspondent aux autres groupes industriels.

Tableau 24

Comparaison des élasticités des prix et de la production entre les provinces, secteurs industriels de la CTI, à deux chiffres, 1986 et 1981

Secteur	Nombre de provinces	Élasticité des prix			Élasticité de la production			R2		
		Nationale	Haute	Basse	Nationale	Haute	Basse	Nationale	Haute	Basse
					1986					
Aliments (10)	10	-0.562	-0.743	-0.018	0.527	0.991	0.058	0.426	0.665	0.148
Boissons (11)	5	-0.570	-1.085	-0.110	0.925	1.381	0.597	0.756	0.926	0.541
Produits du caoutchouc (15)	2	-0.557	-1.189	-0.590	0.896	1.125	0.608	0.639	0.731	0.618
Produits du plastique (16)	3	-0.600	-0.831	-0.488	0.316	0.487	0.143	0.205	0.618	0.094
Textiles primaires (18)	2	-0.697	-0.645	-0.424	1.024	1.519	0.798	0.756	0.841	0.578
Produits du textile (19)	2	-0.683	-0.358	-0.056	0.837	1.689	0.798	0.372	0.727	0.237
Produits du bois (25)	4	-0.912	-1.171	-0.502	0.700	1.618	0.360	0.688	0.861	0.200
Papiers et produits connexes (27)	5	-0.702	-0.827	-0.162	1.166	1.964	1.050	0.846	0.966	0.732
Métaux primaires (29)	4	-0.769	-1.476	-0.694	1.026	1.502	0.645	0.760	0.929	0.608
Fabrication à partir de métaux (30)	5	-0.765	-1.958	-0.857	0.536	0.804	0.290	0.372	0.642	0.289
Équipements de transport (32)	2	-0.352	-0.718	-0.363	0.621	0.660	0.180	0.542	0.582	0.416
Produits minéraux non métalliques (35)	7	-0.690	-2.393	-0.379	1.060	1.086	-0.541	0.797	0.973	0.365
Pétrole raffiné et charbon (36)	2	-1.202	-1.138	-0.273	1.134	1.974	0.279	0.762	0.995	0.365
Composés et produits chimiques (37)	5	-0.877	-1.387	-0.884	0.703	3.880	0.171	0.647	0.774	0.323
					1981					
Aliments et boissons (10)	8	-0.579	-0.780	-0.441	0.468	0.991	0.105	0.463	0.665	0.311
Caoutchouc et plastiques (16)	4	-0.359	-1.099	-0.198	0.214	0.696	0.137	0.215	0.559	0.094
Textiles (18)	4	-0.508	-1.144	-0.200	0.383	0.662	0.098	0.407	0.866	0.120
Bois (25)	4	-0.378	-1.136	-0.227	0.951	1.391	0.946	0.517	0.958	0.751
Papiers et produits connexes (27)	5	-0.229	-2.110	-0.162	1.551	1.737	0.584	0.793	0.877	0.444
Métaux primaires (29)	5	-0.270	-1.288	-0.188	1.174	1.502	0.437	0.775	0.929	0.612
Fabrication à partir de métaux (30)	5	-0.292	-1.747	-0.288	0.535	0.804	0.380	0.313	0.700	0.465
Équipements de transport (32)	4	-0.460	-1.891	-0.794	0.419	0.584	0.026	0.440	0.501	0.113
Produits minéraux non métalliques (35)	6	-0.564	-2.393	-0.133	0.597	1.106	0.424	0.660	0.783	0.409
Pétrole raffiné et charbon (36)	3	-0.179	-1.175	-0.317	1.262	1.269	0.874	0.752	0.846	0.268
Composés et produits chimiques (37)	4	-0.148	-1.033	-0.436	0.840	3.880	.0500	0.617	0.887	0.670

CHAPITRE 4

Conclusions et signification sur le plan des politiques

Dans le domaine de l'utilisation de l'eau, les facteurs économiques constituent une question d'actualité et d'importance au Canada. Ces facteurs sont au coeur de deux questions, soit la création d'un milieu qui favorise une utilisation rationnelle de l'eau (p. ex., conservation des ressources) et les possibilités d'un recouvrement entier des coûts associés aux dépenses pour les infrastructures. Ainsi, la recherche qui contribue à expliquer la dynamique économique de l'utilisation de l'eau, est importante en soi, mais elle l'est aussi sur le plan des politiques et des prises de décision. Les équations de la demande estimée indiquent qu'il existe une sensibilité de l'utilisation de l'eau dans l'industrie, aux changements du prix de l'eau; ces équations peuvent aussi être appliquées à l'estimation de la valeur attribuée à l'utilisation de l'eau par les entreprises. Les provinces qui envisageraient d'établir des royautés pour l'utilisation de l'eau, pourraient être intéressées par ce dernier genre de renseignements.

CONCLUSIONS

Ce document a présenté des résultats d'un projet qui a été entrepris il y a cinq ans et dont l'objectif était la tenue d'une analyse économétrique de la nature des demandes d'eau dans l'industrie au Canada. Ces travaux reprenaient la recherche faite par Renzetti (1986), mais en l'élargissant en tenant compte de toutes les provinces. Les données utilisées sont dérivées des recensements d'Environnement Canada sur l'utilisation de l'eau dans l'industrie de 1981 et de 1986 (Tate et Scharf 1985, 1991).

L'étude des publications montre que la théorie économique de la demande des intrants est fermement implantée en ce qu'elle est appliquée à beaucoup de secteurs industriels et beaucoup d'intrants. Ces publications donnent un cadre théorique approprié à l'analyse de la demande et des coûts de l'eau dans l'industrie. Toutefois, ce genre d'analyse est apparu assez tard à cause de la perception commune que l'eau est une denrée gratuite; c'est ce qui explique qu'il existe peu de données économiques qui portent sur l'utilisation de l'eau.

Les types d'analyses faites ici ont porté sur l'estimation des fonctions de demande d'eau dans l'industrie. Ces fonctions de demande ont été estimées au moyen de l'analyse par régressions multiples linéaires. Les équations prennent la forme bi-logarithmique où la quantité d'eau demandée dans l'industrie constitue la variable dépendante alors que le coût moyen de la consommation d'eau, du traitement avant utilisation, de la recirculation et du rejet des eaux usées, ainsi que la mesure de la production de l'usine considérée, constituent des variables explicatives. Les données limitées empêchent d'estimer les équations de demande d'eau dans le cadre d'une analyse plus vaste de l'ensemble de tous les intrants des usines, et d'appliquer une méthodologie d'estimation des variables instrumentales. Par conséquent, l'utilisation des coûts moyens comme valeurs de remplacement des prix risque d'introduire une erreur systématique de simultanéité dans les équations estimées de régression. Malgré ce problème, les modèles économétriques relativement simples appliqués ici avaient un pouvoir explicatif assez élevé. Dans la plupart des secteurs industriels et dans la plupart des provinces, le prix de l'eau consommée et le niveau de production des entreprises permettaient d'expliquer une bonne partie de la variance observée dans la demande d'eau dans l'industrie.

INCIDENCES SUR LES POLITIQUES

Dans leurs politiques, les gouvernements au Canada ont fait preuve d'un manque presque total d'intérêt pour le potentiel de facteurs économiques comme instruments de gestion de l'eau. Alors que les instruments financiers et que les méthodes fondées sur les rapports des bénéfices aux coûts font partie des moyens à la disposition des gestionnaires de l'eau depuis des dizaines d'années, on écarte presque totalement toute considération de mécanismes qui favorisent l'établissement du prix de l'eau, des droits sur le rejet d'effluents et d'autres mesures semblables. Les raisons profondes de cette situation sont liées à la perception traditionnelle que l'eau est (ou devrait être) une denrée gratuite, et l'hypothèse résultante à l'effet que la consommation de l'eau dans l'industriel est insensible au prix. Différents travaux (p. ex., Federation of Canadian Municipalities, 1985) ont infirmé la fausse hypothèse que «l'eau est une denrée gratuite», et il n'en sera plus question ici.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent de manière décisive que le prix constitue une variable importante de la consommation de l'eau dans l'industrie. Cette constatation devrait constituer le fondement d'une méthode totalement nouvelle à la gestion de l'eau dans l'industrie. Elle conduit à penser, par exemple, que des droits pour l'eau devraient amorcer la conservation de l'eau par le recours à des changements technologiques (comme une intensification de la recirculation) et, à long terme, à une transformation progressive des immobilisations d'une entreprise. Cela porte à penser, en outre, que des stratégies de dépollution pourraient faire appel à des instruments économiques tels que des droits pour le rejet d'effluents ou des permis qui ont une valeur marchande. Enfin, cela signifie que les futures analyses sur l'eau dans l'industrie conduiront presqu'inévitablement un échec à moins de faire substantiellement place à l'effet du prix de l'eau.

Références

Babin, F., C. Willis, et P. Allen. 1982. Estimation of substitution possibilities between water and other production inputs, Am. J. Agric. Econ. 64(1):148-151.

Berndt, E., et D. Wood. 1975. Technology, prices, and the derived demand for energy. Rev. Econ. Stat. 57:252-268.

Boland, J.J., B. Dziegielewski, D.D. Baumann, et E.M. Opitz. 1984. Influence of price and rate structures on municipal and industrial water use. Fort Belvoir, Va. U.S. Army Corps of Engineers.

de Rooy, J. 1970. The industrial demand for water resources: An econometric analysis. Ann Arbor: University Microfilms.

Environnement Canada. 1987. Politique fédérale relative aux eaux, Ottawa.

Federation of Canadian Municipalities. 1985. Municipal infrastructure in Canada: Physical condition and funding adequacy. Ottawa.

Gibbons, D.C. 1986. The economic value of water. Resources for the Future. Washington, D.C.

Grebenstein, C., et B. Field. 1979. Substituting water inputs in U.S. manufacturing. Water Resour. Res. 15(2):228-232.

Grima, A.P. 1972. Residential demand for water: Alternative choices for management. Toronto: University of Toronto Press.

Howe, C.W., et F.P. Linaweaver, Jr. 1967. The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure. Water Resour. Res. 3(1):13-32.

Jones, C., et J. Morris. 1984. Instrumental price estimates and residential water demand. Water Resour. Res. 20(2):197-202.

Kindler, J., et C.S. Russell. 1984. Modeling water demands. Toronto: Academic Press.

Lee, T.R. 1969. Residential water demand and economic development. Toronto: University of Toronto. Dep. Geog. Res. Publ. No. 2.

Pearse, P.H. 1988. Property rights and the development of natural resource policies in Canada. Can. Public Policy 14(3):307-320.

Pearse, P.H. et D.M. Tate. 1990. Economic instruments for sustainable development of water resources. Dans: A.H.J. Dorcey (éd.). Perspectives on sustainable development in water management: Towards agreement in the Fraser River basin. Vancouver, C.-B. University of British Columbia. Westwater Research Centre. pp. 431-451.

Rees, J.A. 1969. Industrial water demand: A study of south-eastern England. Oxford. Weidenfeld and Nicholson.

Renzetti, S. 1986. An econometric study of industrial water demand in British Columbia. Direction générale des eaux intérieurs. Environnement Canada. Vancouver.

Renzetti, S. 1987. The economic aspects of industrial water use. Direction générale des eaux intérieurs. Environnement Canada. Ottawa. Document de recherche inédit.

Renzetti, S. 1988. An econometric study of industrial water demands in British Columbia, Canada. Water Resour. Res. 24(10):1569-1574.

Tate, D.M. 1984. Industrial water use and structural change in Canada and its regions: 1966-1976. Thèse de doctorat. Université d'Ottawa. Ottawa.

Tate, D.M. 1989. La tarification de l'eau dans les municipalités canadiennes en 1986 - méthodes et prix actuels. Étude n° 21, collection des sciences sociales, Direction générale des eaux intérieures. Environnement Canada, Ottawa.

Tate, D.M., et D.N. Scharf. 1985. Utilisation de l'eau dans les industries du Canada, 1981. Étude n° 19, collection des science sociales, Direction générale des eaux intérieures. Environnement Canada. Ottawa.

Tate, D.M., et D.N. Scharf. 1991. Utilisation de l'eau dans les industries du Canada, 1986. Étude n° 24, collection des sciences sociales, Direction générale des eaux intérieures. Environnement Canada. Ottawa.

White, K. 1978. A general computer program for econo-metric methods - SHAZAM. Econometrica 46(1):239-240.

Whittington, D. 1978. Forecasting industrial water use. Laxenberg, Autriche. Int. Inst. Appl. Syst. Anal. Res. Memo. 78-71.

Ziegler, J., et S. Bell. 1984. Estimating the price for intake water by self-supplied firms. Water Resour. Res. 20(1):4-8.